



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Sandra Cristina Ruas Sá Carvalho

Efeito da correção orgânica e da fertirrigação na cultura da
hortelã-pimenta (*Mentha x piperita*) no modo de produção
biológico

Curso de Mestrado
Agricultura Biológica

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor Luís Miguel Cortez Mesquita de Brito
Professora Doutora Isabel de Maria Cardoso Gonsalves Mourão

Novembro de 2015

As doutrinas expressas
neste trabalho são da
exclusiva
responsabilidade do
autor.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Plantas aromáticas e medicinais	1
1.1.1. Aspectos históricos.....	1
1.1.2. Aspectos gerais da composição e utilização das plantas aromáticas e medicinais.....	4
1.1.3. Produção de plantas aromáticas e medicinais.....	8
1.2. A cultura de hortelã-pimenta	10
1.2.1. Classificação botânica e morfológica, e sua utilização	10
1.2.2. Fisiologia do crescimento e do desenvolvimento.....	13
1.2.3. Exigências edafo-climáticas	13
1.2.4. Método de propagação.....	14
1.2.5. Preparação do solo.....	17
1.2.6. Instalação da cultura	18
1.2.7. Técnicas culturais específicas.....	20
1.2.8. Pragas e doenças	23
1.2.9. Colheita, pós-colheita e conservação.....	24
1.2.10. Secagem.....	27
1.2.11. Comercialização, produções esperadas e rendimentos.....	30
1.3. Fertilização.....	33
1.3.1. Fertilidade do solo	33
1.3.2. Fertilizantes orgânicos	36
1.3.3. Fertilização da hortelã-pimenta	40
1.4. Objetivos do trabalho	44
2. MATERIAIS E MÉTODOS	45
2.1. Instalação da cultura hortelã-pimenta	45

2.2.	Ensaio de vasos	48
2.2.1.	Delineamento experimental	48
2.2.2.	Instalação do ensaio	49
2.2.3.	Amanhos culturais	50
2.2.4.	Colheita da hortelã-pimenta.....	51
2.3.	Ensaio de campo	51
2.3.1.	Delineamento experimental	51
2.3.2.	Instalação do ensaio	52
2.3.3.	Amanhos culturais	52
2.3.4.	Colheita da hortelã-pimenta.....	53
2.4.	Métodos analíticos	53
2.4.1.	Preparação e colheita de amostras	53
2.4.2.	Análise das características dos solos	54
2.4.3.	Análise das características do corretivo orgânico.....	56
2.4.4.	Análise das características das plantas	56
2.5.	Análise estatística	57
3.	RESULTADOS	58
3.1.	Características dos solos e do corretivo orgânico	58
3.2.	Ensaio de vasos	59
3.2.1.	Altura, número de folhas e de caules da hortelã-pimenta.....	59
3.2.2.	Peso fresco e peso seco da hortelã-pimenta.....	67
3.2.3.	Teor de nutrientes na hortelã-pimenta	69
3.3.	Ensaio de campo	72
3.3.1.	Altura, número de folhas e número de caules na hortelã-pimenta	72
3.3.2.	Peso fresco e peso seco da hortelã-pimenta.....	74
3.3.3.	Teor de nutrientes da hortelã-pimenta	76
4.	DISCUSSÃO.....	78
4.1.	Ensaio de vasos	78
4.2.	Ensaio de campo	80
5.	CONCLUSÕES.....	84
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

AGRADECIMENTOS

Quero expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho se tornasse uma realidade.

Em primeiro lugar ao Professor Doutor Luís Miguel Cortez Mesquita de Brito, para quem não há agradecimentos que cheguem pela sua permanente disponibilidade, paciência, rigor e empenho com que me orientou ao longo da elaboração da tese, e à Professora Doutora Isabel de Maria Cardoso Gonsalves Mourão, pelo apoio, estímulo e entusiasmo que sempre transmitiu.

Quero agradecer à empresa Ervas D'Avó, Lda. pela oportunidade que me deu, ao disponibilizar o espaço para o desenvolvimento deste trabalho e consequentemente o contato direto com a realidade da Agricultura Biológica.

Agradeço ainda a todos aqueles que diariamente estão no laboratório da ESAPL, em especial ao Engenheiro Virgílio Peixoto pela sua ajuda e prestabilidade nas análises laboratoriais, e agradecer ao Eng.º Durão e ao Eng.º Luís Armando.

A todos os colegas do Mestrado, quero agradecer a amizade e camaradagem, em especial à Sofia Costa, pela partilha dos seus conhecimentos, e aos professores deste Mestrado pela amizade e entusiasmo que nos uniu.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O efeito da correção orgânica e da fertirrigação na cultura de hortelã-pimenta (*Mentha x piperita*) foi avaliado através de um ensaio experimental de vasos e um ensaio experimental de campo, com o objetivo de contribuir para a melhoria das recomendações de fertilização para esta cultura, no modo de produção biológico (MPB).

O ensaio de vasos foi conduzido com 5 blocos casualizados e 12 tratamentos resultantes da estrutura fatorial de 3 fatores: (i) tipo de solo, um (solo P) com baixo teor de matéria orgânica (MO) e outro (solo M) com teor médio em MO; (ii) aplicação de corretivo orgânico nas doses de 0 e 100 g planta⁻¹; e (iii) fertirrigação nas doses de 0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹. O ensaio de campo foi conduzido com 4 blocos casualizados e 3 tratamentos, correspondentes à aplicação de fertirrigação nas doses de 0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹.

No ensaio de vasos, na primavera, aproximadamente 250 dias após a plantação, verificou-se um rápido aumento da altura, do número de folhas e do número de caules da hortelã-pimenta. No entanto, esses aumentos só foram significativos entre os dois tipos de solo (P e M), enquanto os aumentos de produtividade com o compostado e com o fertilizante utilizado na fertirrigação não foram significativos. Estes parâmetros de crescimento refletiram-se no peso das plantas que também só aumentou significativamente com o tipo de solo. No ensaio de campo, a fertirrigação também não aumentou significativamente a produtividade desta cultura.

Apesar da importância das práticas de fertilização para o aumento da produção vegetal, nesta experiência, a fertilidade inicial do solo, ao contrário dos fertilizantes, revelou-se determinante para aumentar a produção da hortelã-pimenta, reforçando os princípios do MPB que colocam grande ênfase na necessidade de elevar o teor de MO do solo para se obterem culturas com uma elevada produtividade.

Palavras-chave: Agricultura biológica; crescimento da hortelã-pimenta; matéria orgânica; fertilidade do solo.

ABSTRACT

Title: Effect of organic amendment and fertigation on organic peppermint (*Mentha x piperita*).

The effect of organic amendment and fertigation on the crop of peppermint (*Mentha x piperita*) was evaluated through a pot and a field experiment, in order to contribute to the improvement of fertilization recommendations for this crop in organic agriculture (OA). The pot experiment was conducted with 5 randomized blocks and 12 treatments resulting from the factorial structure of 3 factors: (i) soil type, one (soil P) with low content of organic matter (OM) and another (solo M) with medium OM content; (ii) application of organic amendment at the rates of 0 and 100 g plant⁻¹; and (iii) fertigation at the rates of 0, 0.1 and 0.5 ml plant⁻¹. The field trial was conducted in four randomized blocks with 3 treatments, corresponding to the application of fertigation at the rates of 0, 0.1 and 0.5 ml plant⁻¹.

In the pot experiment, the plants, in the spring, approximately 250 days after planting, rapidly increase in height, number of leaves and the number of stems. However, these increases were only significant between the two types of soil (P and M), while yield increases with the composted and the soluble fertilizer used in drip irrigation were not significant. These growth parameters were reflected on the weight of the plants that also increased significantly only with the soil type. In the field trial, fertigation also did not significantly increase the crop yields.

Despite the importance of fertilization practices for increasing crop yield, in the present experiment, the initial soil fertility, unlike fertilizers, was determinant to increase peppermint yield, reinforcing the principles of OA which, place great emphasis on the need to raise the soil organic matter content to obtain crops with high yields.

Keywords: Organic agriculture; peppermint growth; organic matter.

LISTA DE ABREVIATURAS

AB	Agricultura biológica
a.C.	Antes de Cristo
B	Boro
C/N	Razão carbono/azoto
Ca	Cálcio
CE	Condutividade elétrica
Cl	Cloro
Co	Cobalto
Cu	Cobre
DAP	Dias após plantação
d.C.	Depois de Cristo
ETc	Evapotranspiração cultural
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Fe	Ferro
H	Teor de humidade
ISO	International Standard Organization
K	Potássio
KCl	Cloreto de potássio
K ₂ O	Óxido de potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MO	Matéria orgânica
Mo	Molibdénio
MPB	Modo de produção biológica
N	Azoto
Na	Sódio
Ni	Níquel
NP	Norma Portuguesa
N-NH ₄ ⁺	Azoto amoniacal
N-NO ₃ ⁻	Azoto nítrico
OMS	Organização Mundial de Saúde
PAM	Plantas aromáticas e medicinais
P	Fósforo
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
S	Enxofre
Si	Silício
UE	União Europeia
UV VIS	Ultravioleta visível
Zn	Zinco

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1. – Calendarização das operações do ensaio experimental de vasos.	48
Quadro 2.2. - Calendarização das operações do ensaio experimental de campo.	52
Quadro 3.1. - Caraterísticas dos solos e do corretivo orgânico.	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Aspecto do solo da parcela com baixo teor em MO (P) e do solo da parcela com teor médio em MO (M).....	46
Figura 2.2. – Enchimento dos vasos para plantação de hortelã-pimenta.....	49
Figura 2.3. – Registo para monitorização dos parâmetros de crescimento.	51
Figura 3.1- Altura (cm) da hortelã-pimenta: a) para o solo pobre (P) e para o solo com teor médio (M) em matéria orgânica, ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.	59
Figura 3.2- Altura (cm) da hortelã-pimenta: a) sem compostado (C0) e com a aplicação do compostado (C1), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.	60
Figura 3.3- Altura (cm) da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta ⁻¹), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.	60
Figura 3.4 - Número de folhas da hortelã-pimenta: a) para o solo pobre (P) e para o solo com teor médio (M) em matéria orgânica, ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.....	61
Figura 3.5- Número de folhas da hortelã-pimenta: a) sem compostado (C0) e com a aplicação do compostado (C1), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.	61
Figura 3.6- Número de folhas da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta ⁻¹), ao longo do tempo após a plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.....	62
Figura 3.7. Número de folhas da hortelã-pimenta na data da colheita.	63
Figura 3.8 - Número de caules da hortelã-pimenta: a) para o solo pobre (P) e para o solo com teor médio (M) em matéria orgânica, ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.....	63
Figura 3.9- Número de caules da hortelã-pimenta: a) sem compostado (C0) e com a aplicação do compostado (C1), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.	64
Figura 3.10- Número de caules da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta ⁻¹), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.	64

Figura 3.11- Relações entre o número de folhas, a altura (cm) e o número de caules da hortelã-pimenta. *** P <0,001.	65
Figura 3.12- a) Altura, b) número de folhas e c) número de caules da hortelã-pimenta. ...	66
Figura 3.13 – Peso fresco da hortelã-pimenta em função (a) do tipo de solo (b) do corretivo orgânico e da aplicação da fertirrigação.	67
Figura 3.14- Peso seco da hortelã-pimenta em função (a) do tipo de solo (b) do corretivo orgânico e da aplicação da fertirrigação.	68
Figura 3.15- a) Peso fresco e b) Peso seco da hortelã-pimenta.	69
Figura 3.16- Teor de nutrientes na hortelã-pimenta, 284 dias após plantação, em resposta ao tipo de solo (solo P e solo M), à aplicação do correctivo orgânico (0 e 100 g planta ⁻¹) e à aplicação da fertirrigação (0, 0.1 e 0.5 ml planta ⁻¹).	70
Figura 3.17- Teor de nutrientes na hortelã-pimenta, 284 dias após plantação, para os tratamentos sem enraizante para os dois tipos de solos e para os tratamentos com enraizante e sem fertilizantes para os dois tipos de solo.	71
Figura 3.18- Altura (cm) da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta ⁻¹), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.	72
Figura 3.19- Número de folhas da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta ⁻¹), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.	73
Figura 3.20- Número de caules da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta ⁻¹), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.	73
Figura 3.21- Relações entre o número de folhas, a altura (cm) e o número de caules da hortelã-pimenta. *** P <0,001.	74
Figura 3.22- a) Peso fresco da hortelã-pimenta em função da aplicação de fertirrigação e b) peso seco da hortelã-pimenta em função de fertirrigação.	75
Figura 3.23– Relações entre o peso fresco e a) altura (cm), b) número de folhas e c) número de caules da hortelã-pimenta. *** P <0,001.....	76
Figura 3.25- Teor de nutrientes na hortelã-pimenta, 284 dias após plantação, em resposta à aplicação da fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta ⁻¹).	77

1. INTRODUÇÃO

1.1.Plantas aromáticas e medicinais

1.1.1. Aspetos históricos

As plantas aromáticas foram utilizadas pelo Homem desde o período Paleolítico da Idade da Pedra associadas aos rituais sagrados, particularmente devido à intensidade do seu odor ao serem queimadas. No intuito de pedirem proteção aos deuses bons, eram queimadas as plantas de odor agradável, constituindo as de odor desagradável, um meio de afugentar animais, os inimigos ou para afastar os deuses maléficos (Cunha *et al.*, 2014).

As primeiras civilizações cedo se aperceberam da existência, ao lado das plantas comestíveis, de outras de maior ou menor toxicidade, que, ao serem experimentadas no tratamento de doenças, revelavam potencial curativo (Cunha e Roque, 2007). Desde as mais antigas civilizações que as plantas são utilizadas em fitoterapia, podendo afirmar-se que se trata de umas primeiras manifestações do antiquíssimo esforço do homem para compreender e utilizar a Natureza, no tratamento de doenças (Sarti e Carvalho, 2004).

Com o desenvolvimento e progresso da humanidade e o avançar das civilizações, nos diversos continentes, foram sendo identificadas as virtudes terapêuticas das plantas medicinais. Este conhecimento foi passando de geração em geração, o que levou a novas investigações e a novas descobertas até aos nossos dias (Petrovska, 2012).

A utilização das propriedades do ópio obtido na dormideira, 4000 anos antes de se conhecer o processo de extração da morfina, é exemplo da antiguidade e da importância dos conhecimentos empíricos sobre os efeitos das plantas e que, desde há séculos, o progresso das ciências modernas tornou mais rigoroso. Durante a Antiguidade, nos impérios Egípcio, Grego e Romano acumularam-se numerosos conhecimentos empíricos que foram posteriormente transmitidos, nomeadamente por intermédio dos Árabes, aos herdeiros europeus daquelas civilizações. A partir do Renascimento, cientistas ocidentais aproveitaram as viagens dos Descobrimentos, para desenvolver consideravelmente estes conhecimentos sobre as plantas, sobre as suas virtudes e utilizações (Font Quer, 1973).

No início, a informação era transmitida oralmente às gerações posteriores, para, mais tarde, com o aparecimento da escrita, passar a ser registada, classificada, arquivada e divulgada.

O papiro de Ebers, escrito por volta de 1550 a.C., listava mais de 700 espécies de plantas e as suas formulações utilizadas como terapia (Adly, 1982; Petrovska, 2012); Após ter decifrado a introdução: “Aqui começa o livro relativo à preparação dos remédios para todas as partes do corpo humano”, provou-se que este escrito era o primeiro tratado médico egípcio conhecido, da primeira metade do século XVI antes da era cristã. Este escrito compreendia uma parte relativa ao tratamento de doenças internas, e uma outra parte, com uma longa e impressionante lista de medicamentos, muitos dos quais são plantas aromáticas (Cunha *et al.*, 2014).

Dois milénios antes do aparecimento dos primeiros médicos gregos, a medicina egípcia já se encontrava organizada com um conjunto de conhecimentos e práticas distintas das crenças religiosas. Na civilização egípcia utilizava-se correntemente, para diversas finalidades, o zimbardo, a romãzeira, as sementes de linho, o funcho, os cominhos, o alho, o lírio e o rícino, e conheciam-se as propriedades analgésicas da dormideira, utilizada na preparação do «remédio contra as crises anormalmente prolongadas», existindo também conhecimentos sobre dosagem (Font Quer, 1973).

Os conhecimentos médicos desenvolvidos no antigo Egipto divulgaram-se nomeadamente na Mesopotâmia. Nestas civilizações, embora já a cirurgia fosse praticada, o curandeiro-feiticeiro, usava numerosos produtos naturais onde predominavam as plantas, mas sempre com ritos mágicos, pois pensavam que sem eles as plantas não atuariam. Como primeiros documentos escritos consideram-se os que foram escritos por ordem do rei assírio Ashurbanipal, conhecidos nas civilizações da Suméria e Babilónia, que nos dão a entender o modo como era a terapêutica desse tempo. Existem inscrições em caracteres cuneiformes, gravadas em várias placas de barro, datando algumas mais de 3000 anos antes da era cristã, no “British Museum” de Londres, com um grande número de informações, muitas delas escritas por ordem do referido rei assírio, sobre as plantas medicinais e aromáticas usadas (açafrão, heléboro, ópio, rícino, linho, mandrágora, etc.) e também sobre a sua cultura e transformação em medicamentos, à custa de certas operações farmacêuticas ainda hoje empregues (expressão, filtração, maceração, digestão), conducentes a formas farmacêuticas tais como pomadas, unguentos, emplastros e pílulas (Cunha *et al.*, 2014).

Foram sobretudo os Gregos, e mais tarde por seu intermédio, os Romanos, os herdeiros dos conhecimentos egípcios. Aristóteles estudou história natural e botânica; Hipócrates, considerado «o Pai da medicina», reuniu com os seus discípulos os conhecimentos médicos que adquiriu no seu país de origem e nas longas viagens que realizou, no conjunto de tratados conhecidos pelo nome de *Corpus Hippocraticum*. A sua obra tornou-se o evangelho da medicina, sempre tida como obra médica de primeira grandeza até ao fim do século XVIII (Sacadura, 1956).

O desenvolvimento das rotas marítimas, abertas a partir do final do século XV, colocou a Europa no centro da rota das especiarias e de diversas plantas aromáticas e medicinais (PAM) ao nível mundial. A divulgação dessas plantas foi lenta, embora na Europa a procura fosse crescente. Nesta divulgação, o contributo dos portugueses foi notável, pela variedade e abundância de plantas que introduziu em diferentes países em todo o mundo, como foi registado por físicos (médicos) e boticários, que muitas vezes viajaram nas naus e caravelas portuguesas e de outras nacionalidades europeias (Cunha *et al.*, 2014).

Garcia de Orta, notável médico e botânico que permaneceu na Índia mais de trinta anos, redigiu em Goa, os “*Coloquios dos simples, e drogas he cousas medicinais da Índia, e assi dalguas frutas achadas nella onde se tratam algumas cousas tocantes a medicina, pratica, e outras cousas boas, pêra saber*” (Orta, 1895). Este livro foi escrito em forma de diálogo entre o Doutor Ruano, que simboliza o médico da época e o Doutor Orta, na qual Garcia de Orta relata a sua própria opinião apoiada na experiência pessoal, esclarecendo certos pontos polémicos de obras anteriormente publicadas, corrigindo e dando mesmo indicações, com invulgar exatidão, sobre certos fármacos até aí nunca descritos (Liberato, 2011; Cunha *et al.*, 2014).

Com a publicação da “*Histoire général des Drogues*” pelo farmacêutico Pierre Pomet, em 1673, as Universidades encorajam o estudo das plantas medicinais e aromáticas, através da criação de jardins botânicos, alguns dos quais destinados, exclusivamente, à cultura de plantas para aplicação no tratamento de doenças. Nos finais do Século XVIII, entra-se num novo período do conhecimento com o isolamento dos constituintes das plantas, tendo sido os trabalhos do sueco Scheele (1742-1786) que deram início a esta nova etapa, ao isolar, de plantas aromáticas, a cânfora e o timol, na sua farmácia de Koping (Cunha *et al.*, 2014).

Até há apenas 200 anos, os remédios oferecidos pela natureza eram os únicos medicamentos que a humanidade dispunha. Com o decorrer do tempo, os seus efeitos e aplicações foram sendo estudados, documentados e desenvolvidos (Grunwald e Janicke 2009). O primeiro insecticida conhecido por “*Caucasian insect powder*”, foi formulado em 1828, obtido a partir das flores de plantas do género *Chrysanthemum*, da família das compostas, conhecidas pelo nome vulgar de piretro (Banerji *et al.*, 1985).

Nas últimas décadas, a utilização de plantas medicinais tem apresentado um grande crescimento, principalmente na prevenção e na terapêutica, nomeadamente na Fitoterapia (Ribeiro, 1995). Este fato, deve-se em grande parte ao fato de as plantas aromáticas e medicinais terem vindo a ser submetidas a intensos estudos químicos e farmacológicos, que deram a conhecer ou a confirmar a sua atividade (Cunha *et al.*, 2014).

1.1.2. Aspetos gerais da composição e utilização das plantas aromáticas e medicinais

As plantas, como todos os organismos vivos, possuem numerosos constituintes de natureza química bem definida, que podem, pela sua presença particular, caracterizar uma dada espécie ou género. São produzidas pelas plantas uma grande variedade de secreções, desde soluções aquosas ricas em sais, aminoácidos e açúcares, a misturas mais ou menos complexas (Ascensão, 2007), os quais são divididos em metabólitos primários e secundários (Dixon, 2001).

O metabólito primário é considerado como uma série de processos envolvidos na manutenção fundamental da sobrevivência, do desenvolvimento e do armazenamento de energia na planta (Dixon, 2001; Vizzotto *et al.*, 2010), no qual são sintetizados os compostos essenciais à vida, e comuns aos seres vivos, como os hidratos de carbono, proteínas, lípidos, e ácidos nucleicos (Garcia e Solís, 2007).

O metabólito secundário é um sistema de importante função para as plantas relativamente à sobrevivência e competição no ambiente (Dixon, 2001), no qual são produzidos uma grande quantidade de compostos químicos que não intervêm diretamente nos processos de crescimento e desenvolvimento da planta. Na generalidade, o metabólito secundário é o responsável pelo odor, sabor e cor das plantas, bem como pelas suas propriedades medicinais (Garcia e Solís, 2007).

As secreções vegetais são sintetizadas e acumuladas em células especializadas que ocorrem isoladas (e.g. idioblastos secretores) ou que constituem estruturas glandulares altamente diferenciadas (e.g. tricomas, emergências, bolsas, canais e latíceros). Estas estruturas secretoras têm vindo a despertar nos botânicos um grande interesse, por serem locais de síntese e acumulação de importantes produtos naturais (Başer, 1995; Ascensão, 2007).

As plantas aromáticas caracterizam-se por segregarem e acumularem óleos essenciais em estruturas especializadas. Estes óleos são compostos voláteis pertencentes, normalmente, a vários grupos químicos, arrastáveis pelo vapor de água, praticamente insolúveis na água, mas solúveis nos solventes orgânicos e nas gorduras (Sartor, 2009), e cada composto na sua proporção específica dá a característica própria a cada óleo essencial (Figueiredo *et al.*, 2008). Nas plantas aromáticas, é normal a concentração dos compostos aromáticos num ou em vários órgãos da planta (Siani *et al.*, 2000), não se encontrando uniformemente distribuídos pelas diferentes partes das plantas. Deste modo, a terapêutica ou a indústria que extrai os óleos essenciais, raramente usa a planta inteira, mas sim a zona mais rica nesses constituintes. Na maioria dos casos são utilizadas as folhas, inflorescências e flores, noutros os frutos, e mais raramente as raízes e rizomas (Nabais, 2008; Cunha *et al.*, 2014).

Os processos que a indústria utiliza para obter os óleos essenciais das plantas aromáticas ou de exsudatos vegetais que contenham produtos de natureza resinosa com compostos aromáticos (óleos-resinas) são vários. De acordo com as normas da (ISO) Internacional Standard Organization on Essential Oils, ISO 9235 (1997) da ISO/TC 54 e da Norma Portuguesa NP 90 (1987) do IPQ-CT5, a designação de óleo essencial está reservada para os produtos que se obtêm exclusivamente por destilação da matéria vegetal, com ou sem vapor de água, ou por processos mecânicos a partir do epicarpo de frutos de espécies do género *Citrus*. A destilação e a expressão são assim, os processos de obtenção industrial de óleos essenciais (Cunha *et al.*, 2014). As plantas aromáticas devem particularmente o seu valor ao teor e tipo de óleo essencial, e este aos seus constituintes. Este facto explica e vai contribuir, para os diversos tipos de utilização das plantas aromáticas e medicinais.

Na farmácia e indústria farmacêutica os óleos essenciais são utilizados como corretores do aroma e do sabor, ou as próprias plantas são utilizadas na preparação de medicamentos, tanto para uso interno como para uso externo. Desta forma, em certas circunstâncias, o uso

de plantas medicinais, tal como os respetivos extratos na terapêutica, facultam uma ajuda nos cuidados primários de saúde, como excelente complemento terapêutico, compatível com a medicina clássica. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), estima-se que 80% da população mundial utilize plantas aromáticas e medicinais em cuidados básicos de saúde (OMS, 2009). A OMS, através de várias ações e publicações, tem procurado melhores cuidados de saúde, para toda a população mundial. No caso dos óleos essenciais, a sua utilização tanto por via externa, como interna, tem vindo a aumentar, constituindo hoje, a aromaterapia um ramo da terapêutica em desenvolvimento (OMS, 2003).

Na perfumaria e indústria cosmética, os óleos essenciais das plantas aromáticas têm interesse, pelo facto de estes constituírem a sua principal matéria-prima. No caso da perfumaria, só esta absorve 30% da produção mundial de plantas com essências, que em grande parte, continua a substituir por produtos de síntese, por estes serem atualmente mais económicos mas ao mesmo tempo menos apreciados que os produtos naturais. A cosmética, progressivamente tem vindo a substituir os produtos de síntese pelos naturais equivalentes, quer os odoríferos e aromáticos como os corantes, por questões sanitárias e de aceitação no mercado (Alvarez, 2006). Esta indústria utiliza frequentemente antioxidantes sintéticos para a conservação de gorduras animais, que constituem a base de pomadas e outros produtos de beleza. No entanto, estes produtos têm sido proibidos pelas autoridades sanitárias nos países mais desenvolvidos, em virtude dos efeitos secundários e alergias que podem produzir, tendo a indústria cosmética sido “obrigada” a investigar no campo das plantas aromáticas, relativamente à extração e valorização, química e biológica, dos antioxidantes e conservantes (Garcia-Nieto, 2000).

Na indústria alimentar, o emprego dos óleos essenciais como aromatizantes, é igualmente importante. A sua utilização em alimentos pré-preparados, molhos, salsicharia, bolachas, biscoitos, pastelaria e confeitaria, licores, sumos, gelados, entre outros, é feita em substituição de produtos aromáticos sintéticos, dada a necessidade de se evitar o uso de produtos não naturais, dotados muitas vezes de propriedades tóxicas. As plantas aromáticas que formam os corantes naturais têm, cada vez mais, uma aplicação na indústria alimentar, consumindo por si só esta indústria, 40% da produção mundial de plantas aromáticas (Briz de Felipe, 2005).

O emprego dos óleos essenciais em indústrias diversas inclui ainda o fabrico de sabonetes, detergentes, ceras, produtos de limpeza, onde são consumidos grandes quantidades de óleos essenciais com a finalidade de aromatizar esses produtos. Na indústria química, muitos dos constituintes dos óleos essenciais servem como ponto de partida para a obtenção, por síntese parcial, de compostos com interesse não só para o fabrico de medicamentos, como para a obtenção de outros compostos aromáticos com maior valia, empregues muitas vezes na perfumaria e cosmética, ou na aromatização de produtos domésticos (ambientadores, detergentes, etc.) (Burt, 2004; Cunha *et al.*, 2014).

Segundo Bandoni e Czepak (2008), a utilização e procura de produtos naturais tem vindo a crescer a nível mundial, devido a problemas atribuídos a numerosos produtos sintéticos, tanto para a saúde humana, como para o ambiente.

As plantas aromáticas têm ainda especial interesse na proteção do meio rural. Pela sua rusticidade e resistência a um meio adverso, como frio, seca ou solos pobres, estas plantas adaptam-se a uma grande diversidade de solos e condições climáticas. Estas plantas atraem as abelhas, que fomentam a polinização de outras plantas e mantêm o equilíbrio ecológico. As plantas aromáticas são muito procuradas pelas abelhas, pelo que a instalação de colmeias próximo de cultivos é de grande interesse para o desenvolvimento da apicultura, já que as abelhas proporcionam mel e pólen de excelente qualidade (Morujo, 2010).

Estas plantas possuem ainda ação fitossanitária na proteção vegetal. Os princípios ativos de muitas das espécies das plantas aromáticas têm propriedades bacteriostáticas, bactericidas, germicidas, fungicidas, nematocidas, insecticidas e até herbicidas não sendo estes produtos tóxicos nem residuais. Deste modo, estas plantas podem ser utilizadas para combater as pragas e doenças das culturas, em substituição de pesticidas sintéticos, obtendo-se uma proteção vegetal natural, cumprindo os princípios da agricultura biológica (Palos e Gorgues, 2008).

De acordo com a OMS (1978), uma planta aromática e medicinal é toda e qualquer planta que, quando aplicada sob determinada forma e por alguma via ao homem, é capaz de provocar um efeito farmacológico. Tal efeito farmacológico apenas é possível, devido aos constituintes ativos presentes nas plantas aromáticas e medicinais.

1.1.3. Produção de plantas aromáticas e medicinais

Durante muitos anos foi dada preferência às plantas aromáticas espontâneas, por serem aquelas que a natureza mais facilmente colocava à disposição do homem. No entanto, hoje em dia, a colheita da planta espontânea foi praticamente abandonada nos países mais industrializados, para se passarem a cultivar espécies com interesse comercial.

O crescente interesse e estudo de que estas plantas têm sido alvo, com vista à determinação da natureza e da quantidade dos seus constituintes, levou à verificação da existência de variabilidade relacionada com fatores ambientais ou genéticos, ou seja, à verificação da existência de variedades químicas. Estas variedades correspondem a populações morfológicamente idênticas, mas quimicamente diferentes dentro de uma dada espécie vegetal, o que indica a presença de fenótipos semelhantes, mas de diferentes genótipos (Cunha *et al.*, 2014). Tal facto justifica o motivo de uma dada espécie ter, muitas vezes, numa determinada região, uma aplicação terapêutica, e noutra, um uso bem diferente. Deste modo, a seleção de uma determinada variedade originará, quando cultivada, material vegetal de composição mais uniforme (Cunha *et al.*, 2013), permitindo a obtenção de linhagens com alto rendimento no óleo essencial ou no constituinte que pretende isolar. Na maioria das vezes, esta seleção começa por ser feita a partir de populações espontâneas onde a variabilidade genética, geralmente, está sempre presente (Lubbe e Verpoorte, 2011; Cunha *et al.*, 2013).

Considerando a existência das variedades químicas, antes de se proceder à cultura de uma determinada espécie aromática, é fundamental, escolher a variedade, em função do tipo e quantidade de constituintes ativos que se pretende. Deste modo, a cultura de plantas aromáticas deve ter em conta todos os aspetos agronómicos, bem como os económicos, para além de contemplar os aspetos específicos da espécie que se pretende obter. Assim, devem ser tidos em consideração para cada planta a cultivar, os parâmetros relativos ao clima, solo, irrigação, propagação vegetativa, colheita, bem, como o controlo de infestantes, insetos e doenças. As características do solo (pH, textura, teor de matéria orgânica e nutrientes), devem ser avaliadas, para a cultura de plantas aromáticas e medicinais, e corrigida se necessário (Cunha *et al.*, 2013).

Além da necessidade da escolha da variedade da planta em função do local de cultivo, deve ser tido em conta que muitas espécies só produzem certos compostos quando submetidas a

determinadas condições de stress, como por exemplo, uma reduzida disponibilidade a certos nutrientes. Por vezes, pode acontecer a situação inversa, existindo a necessidade de reforçar um determinado nutriente, para se poder aumentar a quantidade de um dado constituinte ativo (Cunha *et al.*, 2014).

Existem recomendações publicadas na literatura internacional que garantem qualidade, segurança e sustentabilidade na produção primária e na pós-colheita, do cultivo das plantas aromáticas e medicinais (Máthé e Franz, 1999; OMS, 2003).

A produção de plantas aromáticas e medicinais no modo de produção biológico (MPB), particularmente as usadas para a preparação de infusões, tem aumentado em anos recentes. Tal facto é justificável uma vez que a Agricultura Biológica (AB) é um sistema de produção holístico que se baseia numa série de objetivos, princípios e práticas que exige: uma fertilização orgânica (estrume de animais, restos de culturas, húmus de minhoca, etc.), recorrendo preferencialmente aos produtos disponíveis na exploração agrícola; não permite adubos minerais de síntese nem o uso de pesticidas; e recorre a rotações e consociações de culturas que se complementam na exploração dos recursos e com diferentes sensibilidades a pragas e doenças.

Nos últimos anos, em Portugal Continental, assistiu-se ao interesse crescente pela produção de plantas aromáticas e medicinais de forma organizada e conduzida, verificando-se o aparecimento de novas explorações dedicadas à sua produção. Ainda que, com um peso relativamente diminuto comparado com outros sectores agrícolas, o sector das plantas aromáticas e medicinais apresenta uma dinâmica de crescimento notável, atraindo para esta atividade novos produtores (GPP, 2013).

Os produtores de PAM são maioritariamente jovens, sendo esta juventude bastante mais acentuada naqueles que produzem em modo de produção biológico, onde mais de metade (57%) têm menos de 40 anos. Relativamente ao nível de instrução, os produtores frequentemente possuem um nível elevado, mas em que só menos de metade (40%) dessa formação é agrícola. A formação especializada na produção de PAM é frequentada por 20% dos produtores, dominantemente por aqueles que se dedicam à produção biológica e em seco (GPP, 2013).

Do inquérito realizado em 2012 sobre a produção de plantas aromáticas e medicinais em Portugal Continental, pelo Gabinete de Planeamento e Políticas do Ministério da Agricultura e do Mar, foi possível concluir que: os produtores de PAM em Portugal Continental em MPB estão localizados predominantemente (90%) na orla costeira norte/centro e no Alentejo; aproximadamente dois terços das explorações são em MPB o que corresponde à quase a totalidade dos produtores que comercializam as plantas secas; a atividade agrícola é exercida, para metade dos produtores, a tempo parcial; as explorações têm em média 2,5 ha, sendo que o produtor em modo biológico tem em média 1,65 ha de exploração e o convencional uma exploração média de 4,84 ha; a produção comercializada, na quase totalidade, é proveniente da exploração agrícola; o seu mercado alvo é geralmente o interno para os produtores convencionais e o externo para os produtores em modo biológico (GPP, 2013).

1.2.A cultura de hortelã-pimenta

1.2.1. Classificação botânica e morfológica, e sua utilização

A hortelã-pimenta (*Mentha x piperita* L.) não tem origem fitogeográfica, por se tratar de um híbrido triplo: *M. spicata* (*M. longifolia* x *M. rotundifolia*) x *M. aquatica*, pertencente à família das *Lamiaceae*, obtido por melhoramento genético (Cunha *et al.*, 2014). Os seus nomes vulgares são hortelã-apimentada, hortelã-de-água-de-cheiro, hortelã-das-damas (Cunha *et al.*, 2013).

Admite-se que a sua origem possa ter sido a Europa Mediterrânica (Alves, 2007; Mourão, 2012), ou a Europa meridional e a região do mediterrâneo (Gasparin, 2012), encontrando-se também nas regiões de clima temperado, um pouco por todo o mundo (Mourão, 2012).

Dos registos dos seus antepassados sabe-se que foram encontradas folhas secas desta planta nas pirâmides egípcias que datam de 1000 a.C., e que foram utilizadas duas espécies de menta pelos antigos médicos gregos. No entanto, alguns autores duvidam que um é o de menta moderno, embora não haja evidência de que a *M. x piperita* foi cultivada pelos egípcios. A hortelã-pimenta é mencionada nas farmacopeias islandesa do século XIII, mas só entrou em uso geral na medicina da Europa Ocidental em meados do século XVIII,

sendo de seguida usada pela primeira vez na Inglaterra. Em 79 d.C., Plínio, o Velho, um antigo autor romano, filósofo e comandante militar de alguma importância, que escreveu *Naturalis Historia* (Petrovska, 2012), diz-nos que os gregos e romanos coroavam-se com hortelã-pimenta nas suas festas e adornavam as suas mesas com as suas folhas aromáticas, e que nos seus cozinhados, aromatizavam molhos e vinhos com a sua essência (Andrea e Bredemeyer, 1982; DAIS, 2009). O nome científico, "*Mentha*", está associado à história da ninfa Menta, da mitologia grega, e do deus Plutão, que, por se amarem muito, despertaram o ciúme de Perséfone (Andrea e Bredemeyer, 1982). Esta, ao sentir-se traída, transformou Menta numa planta destinada a crescer nas entradas das cavernas que davam acesso ao inferno (Alves, 2007).

Atualmente, a hortelã-pimenta é uma planta cultivada na Europa, Ásia e América do Norte, por via vegetativa, devido ao facto de ser um híbrido estável e infecundo (Cunha *et al.*, 2013), sendo uma das plantas aromáticas e medicinais mais populares do mundo (Alves, 2010; Costa *et al.*, 2012).

A hortelã-pimenta é uma planta herbácea vivaz de aroma picante, glabra ou glabrescente, que se propaga a partir dos estolhos de seção quadrangular, que crescem por baixo e sobre a superfície do solo, em todas as direções (Cunha *et al.*, 2013). O seu caule é erecto e liso, de secção aproximadamente quadrangular e com uma cor vermelho-púrpura, apresentando glândulas especializadas que armazenam óleos essenciais (Weller *et al.*, 2000), podendo o mesmo atingir entre 30 a 60 cm de altura (Rodrigues e Gonzaga, 2001), tendo a parte aérea da planta um odor característico, muito ativo (DAIS, 2009). As suas folhas apresentam uma cor verde escura intensa na face superior, adquirindo reflexos avermelhados na página inferior quando exposta ao sol, ou vermelho-cobre quando em ambientes sombreados. Pode ser lisa de ambos os lados ou ligeiramente coberta de pêlos secretores arredondados, que se dispõem ao longo das nervuras principais da face inferior nos quais se acumulam as substâncias voláteis. Possui cachos de pequenas flores tubulares violeta-avermelhadas que nascem das axilas das folhas superiores, no verão, e que raramente produzem sementes (DAIS, 2009), com um cálice de 3 a 4 mm, tubuloso, de tubo glabro e dentes triangular-assoventados e ciliados (Cunha *et al.*, 2014). As partes utilizadas da hortelã-pimenta são as folhas inteiras ou cortadas e ainda os caules e folhas que se destinam à destilação para extração do óleo essencial.

Quanto à sua composição, os principais constituintes das folhas desta planta são: o óleo essencial (1,0 a 4 %); flavonóides sob forma livre (flavonas fortemente metoxiladas) e de heterósidos da apigenina luteolina e eriodictiol; taninos; triterpenos (ácido ursólico e oleanólico); resinas; ácidos fenólicos (*p*-cumárico, fenílico, cafeico, clorogénico, rosmarínico); constituintes amargos. Os principais constituintes do óleo essencial da hortelã-pimenta são o mentol (30 a 55 %) e seus ésteres dos ácidos acético e isovalérico e mentona (14 a 32%) (Cunha *et al.*, 2013), estando presentes em menores quantidades a isomentona (2 a 10%), 1,8-cineol (6 a 14%), α -pinene (1 a 1,5%), β -pinene (1 a 2%), limoneno (1 a 5%), neomentol (2,5 a 3,5%), mentofurano (1 a 9%), carvona (<1%) (WHO, 2002), e pulegona (<4%) (Behn *et al.*, 2010). No entanto, os teores dos constituintes químicos são variáveis, conforme a localização geográfica da cultura ou o resultado da combinação de diversos outros fatores, tais como genótipo, luz, temperatura, água e nutrientes (Aflatuni, 2005).

A hortelã-pimenta é utilizada há milhares de anos, pelas suas fortes e diversas características aromáticas e medicinais, que a tornam uma das plantas aromáticas mais versáteis e procuradas do planeta na atualidade (Alves, 2007). A hortelã-pimenta é amplamente utilizada, quer na alimentação, quer na produção de essências e produtos de cosmética, tendo ainda numerosas aplicações medicinais, na aromoterapia e fitoterapia. Como condimentar esta espécie é utilizada em pratos de carne, molhos, legumes, saladas, sobremesas geladas, doces e refrescos, e como aromatizante é utilizada em diversas indústrias, como a fabrico de dentífricos, rebuçados e pastilhas elásticas. É ainda muito utilizada em infusões, nomeadamente no Norte de África (Mourão, 2012). Das suas aplicações medicinais, é de salientar que esta planta tem ação antisséptica, tranquilizante suave, analgésica (sobretudo a nível local e das mucosas do aparelho digestivo), antitússica, mucolítica, expetorante e descongestionante das vias respiratórias através da ação do seu óleo essencial (McKay e Blumberg, 2006; Anon, 2010). Os polifenóis têm ação espasmolítica e carminativa e os constituintes amargos ação digestiva (Cunha *et al.*, 2014). Devido ao seu aroma poderá ainda ser utilizada como ornamental em jardins ou como planta envasada, atraindo borboletas e outros insetos úteis ao jardim (Alves, 2010), sendo ainda o uso da hortelã-pimenta autorizada em agricultura biológica como inseticida, acaricida, fungicida e inibidor de abrolhamento (Cunha *et al.*, 2013). A infusão forte desta

planta é um bom repelente de pulgas em animais e instalações, repelindo também ratos (Alves, 2010).

1.2.2. Fisiologia do crescimento e do desenvolvimento

No desenvolvimento da hortelã-pimenta estão compreendidas várias fases do seu ciclo de vida, que iniciam com a germinação da semente ou na propagação por estacaria ou estolho, até à maturação e senescência da mesma.

A fase de propagação vegetativa por estaca de caule situa-se entre 3 a 6 semanas, até poder ser transplantada. Numa fase seguinte, inicia-se o crescimento vegetativo da planta, no qual se verifica o aumento do número de células da planta.

O padrão de crescimento da hortelã-pimenta caracteriza-se por duas fases: a de crescimento inicial lento (no final de Fevereiro até finais de Abril ou início de Maio), e outra de crescimento linear rápido (desde o início ou meados de Maio até à colheita) (Hart *et al.*, 2010).

Após a fase de crescimento vegetativo estar completa, inicia-se a fase reprodutiva. Esta inicia-se após a indução floral, e a diferenciação floral. A floração ocorre entre agosto e outubro (Alves, 2010). Esta fase pode repetir-se por diversas vezes, sendo o tempo médio de vida da cultura estimado em 2 anos (Alves, 2013) ou segundo DAIS (2009) 3 a 5 anos, dependendo do modo de produção, solos e fatores climáticos, uma vez que ao fim desse tempo o rendimento da cultura diminui, sendo necessário a plantação de novas plantas.

1.2.3. Exigências edafo-climáticas

A hortelã-pimenta adapta-se a climas temperados com precipitação de 1000-1500 mm, com boa exposição solar, embora também tolere alguma sombra.

A produção de óleo essencial na hortelã-pimenta é beneficiada por valores de temperatura e radiação solar altos (Weller *et al.*, 2000; DAIS, 2009). Esta planta deve ser produzida em dias longos (geralmente mais de 14 horas de luz) (Burbott e Loomis, 1967; Clark e Menary, 1980; Franze *et al.*, 1984; Hart *et al.*, 2010) e dias quentes (29 - 35°C), com

temperaturas noturnas frescas (13 – 16°C) (Hart *et al.*, 2010). No entanto, Clark e Menary (1980), para um melhor rendimento de óleo essencial, referiram que a hortelã-pimenta deve ser cultivada com temperatura noturna alta (20°C). Os seus estolhos são resistentes às baixas temperaturas (-25°C a -35°C) (Cunha *et al.*, 2013).

É possível a produção desta cultura até aos 1500 m de altitude. Em regiões com ventos fortes e quentes devem de ser tomadas medidas de precaução, instalando cortinas de árvores de abrigo (Munöz, 1987).

A planta produz-se bem na maior parte dos tipos de solo, incluindo os mais pesados (argilosos), desde exista uma boa drenagem e não fiquem encharcados no Inverno. Os solos mais favoráveis à cultura são os solos ligeiros, areno-argilosos e os de aluviões (Cunha *et al.*, 2013), ricos em matéria orgânica (MO), com um valor de pH entre 5,5 e 7,0, e com boas condições de retenção de humidade (DAIS, 2009), sendo no entanto sensível à salinidade. Segundo Munöz (1987), o pH deve oscilar entre 6 e 7,5. Em solos argilosos, compactos e secos, o crescimento e desempenho da planta será defeituoso e o rendimento da sua essência irá diminuir, sendo também desfavoráveis solos onde a água fique estagnada (Munöz, 1987).

A humidade do solo tem uma boa influência no crescimento da hortelã-pimenta e na acumulação de óleos essenciais, pelo que o ótimo de humidade do solo para a cultura é de 80-90 por cento da capacidade de campo desse solo (Cunha *et al.*, 2013).

1.2.4. Método de propagação

A hortelã-pimenta é propagada por via vegetativa e não por semente, cuja recombinação genética daria origem a indivíduos distintos dos pés-mãe (Alves, 2007). A propagação pode ser feita diretamente por estolhos, por novas plantas formadas após divisão no terreno dos estolhos ou por divisão de touceiras ou rizomas (Cunha *et al.*, 2013).

Para formar novas plantas no terreno a partir de estolhos, com base numa plantação antiga, o processo mais ágil consiste em mobilizar o terreno em vários sentidos, de modo a cortar os estolhos, para que assim se possam originar novas plantas, as quais quando atingem um desenvolvimento adequado podem ser transplantadas para um novo terreno (Cunha *et al.*, 2013).

A propagação deve ser feita a partir de estolhos isentos de pragas e doenças, de forma a evitar a propagação de doenças de solo a que a hortelã-pimenta é suscetível (Weller *et al.*, 2000; Anon, 2010). A propagação da hortelã-pimenta tende a ser rápida e a divisão pode ser feita em qualquer altura do ano. A plantação nos locais permanentes deve ser feita na primavera e no outono, sendo estas as épocas mais favoráveis uma vez que estabilizam mais rapidamente. Quando os estolhos não são plantados de imediato, podem estender-se em lugares sombreados ligeiramente molhados e cobertos com um pano. Em geral deve ter-se em conta que os estolhos devem ser plantados o mais frescos possível. Os estolhos devem ser plantados distanciando 70 cm entre si a uma profundidade de 5 a 10 cm, cobrindo imediatamente com terra podendo passar-se uma grade de rolo (Munöz, 1987).

Quando a plantação é feita a partir de novas plantas em vez de estolhos, deve esperar-se que do cultivo do ano anterior, surjam novas plantas. Quando estas alcançarem uma altura de 8 a 10 cm podem arrancar-se à mão, especialmente em solos ligeiros e húmidos. A época adequada para a plantação é durante a primavera, tendo a vantagem de evitar as geadas tardias que podem ocasionar danos e pode ser feita à mão se se tratar de uma superfície reduzida, ou mecanicamente para extensões maiores (Munöz, 1987).

Cerca de 1 ha de material da planta-mãe pode fornecer uma área de cultivo de 7 a 10 ha (DAIS, 2009) ou, segundo Munöz (1987), de 3 a 10 ha, sendo que para plantar 1ha são necessários 1000 kg a 1500 kg de rizomas.

Enraizantes

Para um bom desenvolvimento e uma nutrição adequada da planta, é importante considerar a existência um sistema radicular bem distribuído no solo. As raízes servem de suporte à planta e atuam como a principal via de absorção e transporte de água e nutrientes para a planta. Para melhor formação do sistema radicular, com o objetivo de alcançar maiores produtividades, pode-se optar pelo uso de enraizantes, que estimulam e aumentam a formação de raízes, existindo grande evidência de que a arquitetura radicular é um aspecto fundamental da produtividade das plantas, especialmente nos ambientes caracterizados por uma baixa disponibilidade de água e nutrientes, tendo a estruturação do sistema radicular relação direta com o aumento da produção (Vieira e Santos, 2005). Rosolem *et al.* (1999)

referem que devido à melhor distribuição espacial das raízes ocorre consequentemente um melhor aproveitamento de nutrientes e água, uma vez que a absorção é maior, alcançando assim melhor potencial de produção.

Os produtos enraizantes incluem principalmente reguladores de crescimento (com propriedades equivalentes às hormonas vegetais, mas não sintetizados nas próprias plantas) que induzem e promovem a rizogénese (processo de formação de raízes). Este quando aplicados nas fases de enraizamento e na dose conveniente, asseguram um maior e mais rápido crescimento radicular, traduzindo-se este facto numa planta muito mais resistente às doenças e condições adversas que se produzem depois da plantação ou transplante, devido ao maior número de raízes adventícias ativas que extraem do solo os nutrientes necessários ao crescimento e desenvolvimento da planta. Para Fachinello *et al.* (2005), cit. por Oliveira *et al.* (2010) o uso de hormonas vegetais é decisivo para a formação de raízes aumentando a percentagem de estacas com raízes, acelerando a sua iniciação, aumentando o número de raízes e a sua qualidade bem como a uniformização do enraizamento.

O modo de acção da maioria dos reguladores de crescimento não está completamente esclarecido, sabendo-se, no entanto, que muitas destas substâncias atuam por intermédio de um efeito químico e que, independentemente da sua identidade química, concentrações apropriadas promovem o enraizamento, enquanto concentrações mais elevadas ou mais baixas se tornam inibitórias (Wilson e van Staden, 1990). Segundo Gontijo *et al.* (2003), tão importante quanto a concentração dos reguladores de crescimento na indução da rizogénese adventícia é a existência de um adequado balanço hormonal endógeno, especialmente entre auxinas, giberelinas e citocininas, ou seja, um equilíbrio entre as hormonas do processo de iniciação radicular. Referem ainda que a maneira mais comum de promover esse equilíbrio é pela aplicação exógena de reguladores de crescimento sintéticos, como o ácido indolbutírico, que podem elevar o teor de auxina nos tecidos. As auxinas são por norma consideradas as principais substâncias promotoras do enraizamento adventício, sobretudo para espécies que apresentam dificuldade em enraizar.

Bastos *et al.* (2005) referem que para além de aumentar a percentagem de estacas enraizadas, o uso de reguladores de crescimento tem por finalidade acelerar a iniciação radicular, aumentar o número e a qualidade das raízes formadas e uniformizar o enraizamento. A formação de raízes em estacas é directa ou indirectamente influenciada por

todas as classes de reguladores de crescimento: auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico e etileno, bem como compostos auxiliares e cofactores de enraizamento, tais como inibidores/retardadores do crescimento, poliaminas e compostos fenólicos (Hartmann *et al.*, 2002).

1.2.5. Preparação do solo

O conhecimento da fertilidade do solo é indispensável para a instalação de qualquer cultura, visto esta ser uma medida da capacidade do solo para fornecer os nutrientes essenciais, em quantidade e proporção adequadas, para o crescimento das plantas (Brito, 2007). É recomendável realizar análises do solo antes da instalação da cultura e da preparação do solo, para que se possa proceder à correção orgânica e mineral, se necessárias, ou mesmo à fertilização com adubos orgânicos. A determinação da fertilidade de um solo através da análise de terra é assim o primeiro passo para o planeamento de um programa de fertilização correto. A análise sumária do solo avalia os teores de fósforo e potássio disponíveis, o teor de matéria orgânica do solo, e o valor de pH, e por isso auxilia a calcular a recomendação de fertilização para estes elementos. A fertilização para a cultura de hortelã-pimenta será abordada no capítulo 1.3.

O recurso à análise de terra e a aplicação de nutrientes na quantidade aconselhada conduz a produções elevadas e de qualidade, sendo que estas análises de terra deverão ser periódicas, evitando-se deste modo a ocorrência de desequilíbrios nutritivos, condição fundamental para a obtenção de maiores resistências das culturas às doenças e de maior qualidade da produção. Após a receção e interpretação da análise do solo, os fatores de produção a adquirir para corrigir e fertilizar o solo podem ser consultados, por exemplo, no guia de fatores de produção para a agricultura biológica (Ferreira, 2012b), de forma a encontrar aqueles que estão aprovados para se utilizar no MPB.

As operações de mobilização do solo devem privilegiar as práticas de conservação do solo, sendo que a escolha das mesmas e a sua orientação dependem do tipo de solo, do nível de humidade do solo, do antecedente cultural e do tipo de rega. É habitual para as culturas de plantas aromáticas e medicinais na preparação do terreno, efetuar-se uma lavoura, tendo em atenção que esta não deverá ser feita com o terreno muito seco ou húmido. Como

operação de mobilização do solo é usual efetuar-se, também, uma gradagem com grade de discos, para enterrar eventuais restos de culturas anteriores, corretivos orgânicos (que não tenham sido incorporados pela lavoura) e adubos de fundo. A pulverização do terreno com fresa deverá ser evitada, como forma de prevenir a erosão do solo. No entanto, caso o terreno apresente torrões após as operações anteriormente descritas, é conveniente a passagem da fresa para que seja possível a armação do terreno.

Na preparação do solo deve ser tido em conta que o sistema radicular da hortelã-pimenta é pouco profundo, acentuado pelo facto de na maioria das explorações produtoras desta cultura, existir um sistema de rega localizado, o que faz com que as raízes fiquem próximas da superfície. Desta forma, os trabalhos de preparação do solo devem privilegiar a camada arável, sendo que as lavouras, a ser feitas, devem ser pouco profundas, seguidas das normais gradagens e uma fresagem final do solo, se necessária. Poderá ser utilizado um armador de camalhões, acoplado ao trator, de forma a agilizar esta operação, sendo que os camalhões devem ficar o mais retos que seja possível (Alves, 2013).

1.2.6. Instalação da cultura

Em Portugal, a maior parte dos agricultores de PAM realizam as suas culturas ao ar livre, com ou sem telas de cobertura do solo, dispondo as plantações em camalhões de 1 m de largura e um comprimento variável, com um sistema de rega localizado com tubos gotejadores (Alves, 2013).

A instalação da cultura de hortelã-pimenta deve ocorrer na primavera ou no outono (Morgado, 2013). Esta deverá realizar-se à medida que se vão preparando e seleccionando os estolhos, evitando mantê-los muito tempo à ação do sol, pois murcham com facilidade. É aconselhável regar a cultura, imediatamente após a plantação (Munöz, 1987).

Na produção de hortelã-pimenta, o compasso de plantação poderá considerar entre 9 a 11 plantas por m². O compasso de plantação poderá ser em camalhões de 1 m de largura, em 3 linhas de 30 x 30 cm entre plantas e entrelinhas, com 9 plantas por m² (Alves, 2013) ou de 25 a 30 cm na linha e de 60 a 80 cm na entrelinha (Munöz, 1987), sendo o comprimento variável. O número total de plantas será de 64800 a 67500 plantas ha⁻¹ (Alves, 2013), considerando que os camalhões podem ocupar 72-75% da totalidade do terreno.

A armação do terreno é feita em camalhões. A prática da disposição do terreno em camalhões é uma estratégia de drenagem adotada pela maioria dos produtores de PAM, uma vez que a água da chuva em excesso tem tendência a escorrer para o espaço entre os camalhões, mantendo a área de cultivo livre de encharcamento.

Para evitar o problema do desenvolvimento de infestantes, é habitual a utilização de telas de solo pretas, com aproximadamente 5,25 m de largura, ou de larguras variadas, com 100 g m⁻², fixadas nas beiras laterais dos camalhões ao solo, sendo perfuradas a fogo no local. Na colocação da tela, deve ser garantido que a mesma fica o mais esticada possível (Alves, 2013).

A prática da utilização de telas de solo apresenta algumas vantagens pois além de facilitar o controlo das infestantes, permite na maioria dos casos, aumentar a densidade de plantação e por isso elevar as produtividades, assim como proporciona a obtenção de produtos mais limpos e minimiza as necessidades de rega. As telas devem ser mantidas limpas e qualquer rasgão deverá ser remendado. Apesar de apresentar inúmeras vantagens, a colocação de telas apresentam alguns inconvenientes. Além de aumentarem os custos de instalação da cultura, na aquisição e aplicação da tela, limita a incorporação de materiais no solo para fazer face a necessidades nutritivas que as plantas possam vir a manifestar (Morgado, 2015). No entanto, a longo prazo torna-se vantajoso o seu investimento (Alves, 2013). Para além de inestéticas, também lhes estão inerentes problemas ambientais nomeadamente no que se refere ao tratamento do plástico das telas (considerado resíduo) no seu fim de vida/utilidade.

Para as culturas de PAM, o sistema de rega mais indicado consiste na utilização de tubos de rega gota-a-gota, autocompensantes, que debitam de 2 a 4 l h⁻¹, em espaçamentos de 33 cm x 33 cm. Em camalhões de 1 metro de largura podem ser utilizados 2 tubos para regar 3 linhas de plantação (Alves, 2013), sendo por norma o diâmetro dos tubos de 16 mm. Nestes sistemas a água é lentamente aplicada à superfície do solo através de pequenos orifícios, adaptando-se a solos de textura média a fina.

Em Portugal, os produtores de PAM para além de um simples sistema de rega gota-a-gota, optam na instalação da cultura pela colocação de um sistema de fertirregação. Uma vez que a cultura de hortelã-pimenta fica instalada por períodos de 2 a 5 anos, estando o solo coberto por tela, sem que seja possível mobilização do mesmo bem como incorporação de

materiais orgânicos. Este sistema permite que sejam aplicados lentamente à superfície do solo juntamente com a água de rega, nutrientes às plantas suprimindo as suas necessidades.

1.2.7. Técnicas culturais específicas

Depois da instalação da cultura da hortelã-pimenta, é necessária a manutenção das plantas de modo a que se obtenha um rendimento económico considerável da cultura. Esta manutenção comporta técnicas culturais específicas tais como a poda, o controlo de infestantes e a rega.

A poda é uma das operações importantes na manutenção da cultura, pois além de estimular o desenvolvimento de novas folhas, aumentando a produtividade da planta, remove os ramos mortos e secos acumulados do inverno. Uma poda na planta, rente ao solo no início da primavera, é prática comum dos produtores de hortelã-pimenta (Azeredo, N., comunic. pessoal, maio 2015; Martins, G.C., comunic. pessoal, Abril 2015; Reis, D.H.C., comunic. pessoal, março 2015). Reis (comunic. pessoal, março 2015) acrescentou que a poda era seguida de uma aplicação de fertirregação. Maria, J. (comunic. pessoal, setembro 2014), viveirista de plantas certificado em MPB, aconselha que na transplantação de plantas de hortelã-pimenta em meses de setembro ou outubro, se efetue uma poda da planta de modo a que fiquem apenas dois pares de folhas na mesma. Este viveirista refere que desta forma promove-se o enraizamento da planta, de modo à mesma resistir ao posterior rigor do inverno.

No controlo de infestantes da cultura de hortelã-pimenta, uma das práticas comuns dos produtores de PAM, é a utilização telas de solo pretas que apresenta vantagens já referido no capítulo 1.2.6. Até a planta cobrir todo o buraco da tela de solo, é necessário remover manualmente as infestantes que possam surgir, de modo a evitar competição com a planta por nutrientes. De um modo geral, as 4 a 14 semanas após a plantação, são um período crucial para o controle de infestantes. Apesar da remoção das infestantes ser a operação cultural mais dispendiosa, é também a que contribui para um maior rendimento da cultura, devendo este processo ser repetido uma ou duas vezes com um intervalo de cerca de duas ou três semanas após a primeira monda (NHB, 2005).

No que respeita à rega, para a hortelã-pimenta devem considerar-se as fases críticas do ciclo cultural, os valores de coeficiente cultural (KC) e os fatores da cultura (ETc), entre outros. Estes indicadores não estão disponíveis nas diretrizes para o cálculo das necessidades de água da cultura (Allen *et al.*, 1998) pelo que a maioria dos conhecimentos existentes por parte da maioria dos produtores em Portugal, e a dotação de rega por eles adotada, é em grande parte empírico, transmitido por outros produtores e por observação própria.

Munöz (1987) indica que a cultura de hortelã-pimenta requer uma grande quantidade de água durante o período de crescimento, em tempo seco e também após o primeiro corte. Mitchell (1997) refere a importância da irrigação pós-colheita para a manutenção de reservas de hidratos de carbono para a sobrevivência das plantas no inverno. Este autor reporta ainda um aumento da produção de óleo essencial de hortelã-pimenta com o aumento da aplicação de regas. Ferretti (1995) refere que a hortelã-pimenta, quando cultivada em solos de textura mediana, requer regas abundantes e frequentes durante a época quente. Nesta época, devem iniciar-se as regas (incluindo qualquer fertirrigação), que devem ser continuadas até cerca de dez dias antes da colheita.

Cortar a rega algum tempo antes da colheita, para de certa forma stressar as plantas a nível hídrico, é uma das estratégias adotadas pela maioria dos produtores para conferir qualidade às plantas aumentando a concentração dos seus óleos. No entanto, esta opinião é divergente entre autores. Loomis (1976) citado por Mitchell, *et al.* (1993) defende uma teoria para a gestão do stresse de água na rega de modo a aumentar a retenção foliar. No entanto, Clark e Menary (1980) citado por Mitchell, *et al.* (1993) refere que outros cientistas descobriram que a hortelã-pimenta produz um rendimento ótimo em níveis mais elevados de irrigação. DAIS (2009) refere que a hortelã-pimenta requer rega frequente e adequada, e quando as plantas estão totalmente desenvolvidas devem ser regadas pelo menos três vezes por semana, sendo importante manter o solo constantemente húmido, embora bem drenado. Clark e Menary (1980) citado por Clark e Read (2000) referem que obtiveram o maior rendimento de óleo essencial a partir de culturas irrigadas com 50 ml de água por semana (em 2 aplicações) durante a última metade da estação de crescimento. Referem ainda que 25 ml na primeira metade da temporada seria adequado mas detetaram

um stresse hídrico (com base no grau de encerramento dos estomas) durante a segunda metade da temporada.

No que diz respeito à qualidade da água de rega, esta deve atender a parâmetros determinantes na sua avaliação, tais como a quantidade total de sais (salinidade) e a concentração e proporção de alguns iões. A avaliação da qualidade da água de rega nas explorações agrícolas é muito importante, dado que o excesso de sais ou o seu desequilíbrio além de causar danos às culturas, pode acelerar processos de degradação física e química do solo e, conseqüentemente, diminuir a sua fertilidade. Por outro lado, a água de rega pode conduzir nutrientes necessários às culturas que, devidamente contabilizados, podem diminuir a quantidade de fertilizantes a aplicar significando, assim, uma poupança nos custos de produção.

O controlo da qualidade da água de rega assume assim um dos principais objetivos de uma boa gestão da rega, de forma a permitir que se encontre em condições que favoreçam produções mais elevadas. A boa gestão da rega deverá, também, conduzir à redução do desperdício de água, dado tratar-se de um recurso natural escasso que importa preservar. A qualidade da água para rega está definida no Decreto-Lei n.º 236/1998, de 1 de Agosto.

Para o MPB, a qualidade da água para rega, está apenas regulamentada pelo valor máximo admissível em nitratos (NO_3^-), que é de 30 mg L^{-1} , sendo de 50 mg L^{-1} para a agricultura convencional (Mourão, 2007). Na utilização de água para rega proveniente de nascentes ou minas, devem ser efetuadas análises da qualidade da mesma em laboratórios especializados para o efeito.

De modo a controlar o teor de humidade no solo, podem ser utilizados tensiómetros. Este instrumento baseia-se na variação da pressão registada no manómetro, quando se verifica entrada ou saída de água na cápsula de porcelana do tensiómetro quando esta é colocada no solo à profundidade desejada. Na condução da rega devem utilizar-se 2 tensiómetros, colocados a diferentes profundidades de forma a monitorizar diferentes camadas do solo. Um tensiómetro (superficial) é colocado na zona de maior concentração das raízes da planta e permite determinar quando regar (oportunidade de rega); O outro tensiómetro é colocado no fundo da zona radical para se controlar o tempo de rega (dotação de rega), de forma a induzir ou evitar a drenagem e lixiviação de nutrientes (Ramos e Abreu, 2007). A oportunidade de rega é definida com base na tensão de humidade do solo, ou seja, deve-se

iniciar a rega quando o tensiómetro mais superficial atingir o valor referência para a cultura em causa, bem como a rega deverá parar quando o solo atingir a capacidade de campo, que é indicada pelo tensiómetro mais profundo. Estes equipamentos são de simples funcionamento, com a vantagem de terem um custo baixo e serem de fácil leitura permitindo a monitorização da rega em registo contínuo.

1.2.8. Pragas e doenças

As plantas aromáticas e medicinais quando cultivadas com rega e fertilizantes, poderão ficar mais suscetíveis ao ataque de inimigos das culturas que poderão ser de natureza diversa. Estes ataques, pelas consequências económicas que por vezes provocam, determinam uma intervenção de prevenção. Nas parcelas agrícolas de explorações de PAM ocorrem organismos artrópodes com hábitos herbívoros, em particular insetos e ácaros, mas também fungos, bactérias, vírus e até organismos superiores que poderão constituir grupos de inimigos das culturas com importância diversa e que importa documentar (Godinho, 2014).

A hortelã-pimenta à semelhança de outras plantas aromáticas e medicinais é uma planta suscetível a algumas pragas e doenças. A cultura deve ser planeada de forma a atrair ou proteger organismos auxiliares, no combate de pragas, aumentando a diversidade biológica na exploração. Para tal, devem ser criadas infraestruturas ecológicas com o intuito do aumento da biodiversidade funcional, que podem ser: habitats permanentes de grandes dimensões englobando prados, pastagens e floresta; habitats temporários de pequena dimensão, constituídos por pequenos bosques ou manchas de arbustos e árvores, amontoados de pedras ou restos de madeira; e corredores ecológicos que favorecem a dispersão das espécies animais entre os habitats permanentes e temporários e que incluem sebes, faixas de vegetação silvestre e caminhos. Estas áreas devem constituir um mínimo de 5% da área da exploração, sendo que em MPB é dado especial relevo ao fomento da limitação natural, pelo que a presença destas infraestruturas é determinante (Godinho, 2014).

Quanto a pragas, podem surgir na cultura de hortelã-pimenta ataques de ácaros como *Eriophyes menthae*, ou de insectos como *Phytacia virgula*, *Aphis menthae*, *Crysomela*

menthastri, *Longitarsus lycopi*, *Cassida viridis*, *Podagrica menetries*, *Spilosoma menthastri*, *Pyrameis cardui*, *Dolycoris baccarum* e *Tettigonia caudata*. (Cunha *et al.*, 2013). O pulgão verde provoca ligeiro enrolamento das folhas (Neto *et al.*, s/d; Munöz, 1987) e as pulgas provocam pequenas perfurações nas folhas (Munöz, 1987). Para controlar os ataques da mosca branca e de determinados escaravelhos, poderá ser utilizada uma solução de sabão de potássio.

Esta planta é também susceptível ao ataque de nemátodos fitófagos (*Pratylenchus*, *Meloidoyne*, *Lomgidorus* e *Xiphinema*) que podem atacar os rizomas, levando ao amarelecimento das folhas, à redução do crescimento, ou mesmo à morte da planta (Neto *et al.*, s/d), o que pode ser evitado em Agricultura Biológica com uma boa condução da cultura (Cunha *et al.*, 2013).

Relativamente a doenças, a hortelã-pimenta é suscetível à ferrugem causada por *Puccinia menthae*, que se manifesta em pequenos pontos ou crostas sobre as folhas, de cor amarela, que depois passam a acastanhados, podendo provocar a queda das folhas quando o ataque é muito intenso (Neto *et al.*, s/d; Munöz, 1987). Para controlar esta doença, deve evitar-se os solos encharcados e efetuar podas regulares às plantas (Alves, 2010). Outras doenças que podem surgir nesta cultura são antracnoses causadas por fungos *Sphaceloma menthae*, *Erysiphe biocellata*, *Phyllosticta menthae* e *Verticillium alba-atrum* (Cunha *et al.*, 2013).

Normalmente os sintomas de pragas e doenças poderão desaparecer com pequenas operações culturais, tais como a colheita precoce ou a limpeza regular das plantas. No caso de sintomas persistentes, deverão ser programados tratamentos curativos, utilizando algumas das substâncias autorizadas em MPB ou preparados caseiros designados por biopesticidas, destacando-se o enxofre, calda bordalesa, macerado de cavalinha, macerado de urtiga como fungicidas, ou o óleo de verão, óleo de neem, sabão de potássio, como inseticidas ou ovicidas (Alves, 2013).

1.2.9. Colheita, pós-colheita e conservação

A colheita é uma operação cultural de grande importância para a qualidade do produto final, pelo que deve ser efetuada na altura correta e devem ser seguidas boas práticas de colheita.

A hortelã-pimenta à semelhança de outras PAM, começa o seu desenvolvimento a partir de finais de março, meados de abril, estando prontas para colheita entre maio e outubro. É possível colher duas ou mais vezes durante esse período, consoante a região e o clima do ano. Para Portugal, Alves (2013) indica que a hortelã-pimenta poderá ter entre 4 a 6 cortes por ano. Uma vez que as colheitas estão dependentes das condições climáticas, quando se atrasa uma colheita, atrasam-se as colheitas posteriores, razão pela qual a produção pode ser significativamente variável entre diferentes anos (Alves, 2013). Quando as plantas são adultas, o teor da planta em óleo essencial aumenta rapidamente, imediatamente antes do início da floração, sendo o momento ideal de corte para obter uma produção e qualidade ótimas, quando 10% das plantas se encontram em plena floração (Weller *et al.*, 2000; Hart *et al.*, 2010).

Quando se pretendem as folhas para infusões, estas devem ser colhidas antes da floração, podendo haver dois cortes a partir do segundo ano de plantação. No caso de se pretender a obtenção de óleos essenciais, o corte terá de ser feito em plena floração ou determinar a melhor altura para o corte, através de uma análise do óleo essencial obtido de pequenas porções de amostra da parte aérea da planta (Cunha *et al.*, 2013). A colheita deve realizar-se num dia de sol, com tempo seco, ao início do dia, após a secagem do orvalho (DAIS, 2009), reduzindo desta forma o risco de oxidação e fermentação.

A colheita da hortelã-pimenta poder ser executada manualmente, mas existem diferentes modelos de máquinas adaptados a diferentes situações, consoante o tamanho da exploração e o, nivelamento do terreno, entre outros fatores a considerar. O objetivo das máquinas de colheita é agilizar esta operação, tornando-a menos dispendiosa, uma vez que é possível realizar esta tarefa com máquinas em menos tempo e com muito menos mão-de-obra, em comparação com a colheita manual. Quanto menor for o tempo da colheita, menor a probabilidade de a matéria-prima se degradar, oxidar ou fermentar, até à entrada no secador (Alves, 2013). Independentemente do modelo de máquina de colheita adotado, é muito importante que o corte seja feito com utensílios afiados, de modo a que o corte seja limpo, sem estilhaçar as hastes ou sem que exista a quebra das folhas, uma vez que cortes mal feitos resultam em rendimentos mais baixos do óleo essencial e inibe o novo crescimento vegetativo (DAIS, 2009).

As plantas após a colheita devem ser colocadas rapidamente em caixas plásticas com reduzida profundidade (10 cm), distribuídas de forma homogênea, de modo a permitir uma boa circulação do ar, posteriormente, durante a secagem (Alves, 2013). Antes da secagem deve-se proceder a uma limpeza de eventuais infestantes, ou outro material estranho à cultura. Durante este processo, deve evitar-se a exposição das plantas à luz. Quanto mais rápida for a colheita e acondicionamento das plantas no local de secagem, menos risco existe no processo, podendo as caixas serem colocadas num carrinho rodas, de forma a agilizar as cargas e descargas do secador. A secagem das plantas aromáticas e medicinais será abordada no capítulo 1.2.10.

Após a secagem, as plantas devem ser colocadas temporariamente em caixas de plástico até serem processadas. Para o processo de separação das folhas dos caules, poderá ser utilizado um separador de PAM que consegue separar as folhas do caule, assim como outros objetos estranhos (paus, terra, pedras, etc.). Desta forma, é possível reduzir-se o volume ocupado pela matéria-prima no armazém, e no posterior transporte e custos associados.

O triturador é outros dos equipamentos utilizados no processamento das plantas, sendo importante para reduzir a tamanhos ainda mais pequenos algumas matérias-primas de menor qualidade ou cujo objetivo é fazer lotes para infusões ou condimentos. O comprador define qual o diâmetro pretendido antes do material ser triturado (Alves, 2013). Posteriormente ao processamento, as plantas são congeladas durante 5 dias a -18°C, podendo assim ser utilizadas para fazer o embalamento (Alves, 2015).

De modo a conservar e armazenar as folhas de hortelã-pimenta secas, deve existir um armazém com total ausência de luz, de modo a não alterar e a preservar as propriedades das plantas, impedindo ainda a sua hidratação e protegendo-as de qualquer contaminação microbiológica e risco de ataques de pragas. O armazenamento poderá ser feito por vários meses ou até anos, (de acordo com o regulamento comunitário, as matérias-primas podem ter até 3 anos de prazo de validade), desde que as condições do local sejam apropriadas. O local de armazenamento deve ser arejado e seco, com flutuações diárias de temperatura reduzidas (EUROPAM, 1998) e higiene adequada, para que não se verifique uma perda de qualidade do produto (Alves, 2013). É de extrema importância que o material não seja armazenado com uma humidade excessiva de forma a minimizar a ocorrência de alguns

problemas, nomeadamente provocados por fungos (Neto *et al.*, s/d). A área ideal de armazém deverá ser de 1 a 2% da área de cultivo e com um pé direito igual ou superior a 3,5 m, devendo ser desenhado de modo a obedecer a uma futura implementação de um sistema de higiene e segurança alimentar (HACCP ou GLOBALGAP). As plantas secas devem ser armazenadas em sacos novos, secos e limpos opacos, bem fechados e identificados (Neto *et al.*, s/d), com capacidade variável entre 20 e 50 kg (Alves, 2013). As embalagens devem ser colocadas em espaços de fácil limpeza, dispostas em estantes, mantendo uma distância suficiente das paredes. A fim de evitar contaminação cruzada deve ser mantida uma separação física entre produtos diferentes, nomeadamente quando se trata de plantas fortemente aromáticas como o caso da hortelã-pimenta (Ferreira, 2014).

1.2.10. Secagem

A secagem das plantas, é fundamental num projeto de plantas aromáticas, uma vez que as PAM são geralmente comercializadas sob a forma desidratada. Este processo é o principal método de conservação de PAM e tem a finalidade de retirar a água contida nas plantas, impedindo os processos de degradação enzimática, preservando as suas características organolépticas e proporcionando o aumento da sua conservação à temperatura ambiente de forma a manter a qualidade das plantas (Reis *et al.*, 2003; Muller e Heindl, 2006). As PAM frescas contêm cerca de 60 a 80% de água, sendo que secas devem de ter entre 6 e 12%. Após a secagem a planta deve manter a cor, aroma e propriedades da planta fresca (Cunha, 2014). Segundo Alves (2013), a planta deve conter entre 8 a 14% de humidade para poder ser comercializada.

A secagem de PAM pode ser realizada de forma natural ou artificial. A secagem natural é um processo lento efetuado ao ar livre, que deve ser conduzido à sombra, em local ventilado, protegido de poeiras e do ataque de insetos e outros animais. Este é um processo recomendado apenas para regiões que tenham condições climáticas favoráveis, nomeadamente com vento, elevadas temperaturas e baixa humidade relativa (Gasparin, 2012). Este tipo de secagem deverá ser apenas considerado para produções em pequena escala (Ferreira, 2014). Para secar uma área de produção de 2 ou 3 ha, no pico da produção, altura em que a colheita é feita quase todas as semanas, seria necessária uma

enorme área de armazém, para dispor as plantas em camadas finas, já que não se deve empilhar, pois corre-se o risco de oxidação ou fermentação (Alves, 2013).

Deste modo, um secador permite controlar, de acordo com a tecnologia implementada, fatores fundamentais, como a temperatura, humidade e velocidade de arejamento, para a obtenção de matéria-prima de excelente qualidade. A secagem artificial ou forçada é assim conduzida em secadores industriais convencionais com controlo de temperatura, humidade e ventilação do ar de secagem, o que favorece a obtenção de um produto final de melhor qualidade e um menor tempo de processamento, relativamente à secagem natural.

Quanto menor for o tempo de secagem, menos possibilidades haverá de deterioração do material, não sendo, contudo, aconselhável a secagem com valores de temperatura acima dos 35°C, porque desta forma ocorre uma diminuição de óleos essenciais e/ou degradação da cor (Cunha, 2014). Os secadores industriais convencionais são constituídos por uma câmara de secagem, um sistema de aquecimento e um sistema de circulação forçada do ar. Os secadores estáticos são secadores em que as plantas são secas em tabuleiros ou caixas colocadas na câmara de secagem. Nos secadores contínuos a secagem é feita em túneis ou através de cintas transportadoras.

Na fileira de PAM ainda não existe um sistema consensual de secagem, desenvolvendo cada agricultor o seu, de acordo com limitações de investimento, espaço ou criatividade (Alves, 2013). A título de exemplo, o produtor de PAM Nuno Azeredo da Casa de Penalva (conselho de Baião, distrito do Porto) possui um secador que consegue desidratar plantas em 15 horas. É um secador que ocupa uma área de 50 m³, com capacidade para 500 kg de plantas em caixas Ceinop, tendo de acordo com o produtor, um consumo energético de 3,6 kw / hora, traduzindo-se num custo por secagem de 6,48€ (Azeredo, 2014).

De modo a preservar a qualidade da hortelã-pimenta, a secagem deverá ser feita a temperaturas entre os 20°C e os 25°C quando se pretende a folha (Cunha *et al.*, 2013), de modo a reduzir a perda de sabor através da volatilização do óleo essencial, e de modo a manter uma boa coloração. No secador, deve ser evitada a secagem de plantas aromáticas de espécies diferentes ao mesmo tempo, para evitar a mistura de odores (Ferreira, 2014).

Para a obtenção de óleos essenciais, segundo Weller *et al.* (2000), as folhas da hortelã-pimenta devem secar parcialmente em leiras, no campo, entre 24 a 36 horas antes de serem

recolhidas para destilação, sendo o processo de secagem no campo crítico na obtenção rendimento máximo de óleo, uma vez que caso as folhas se tornem muito secas, as mesmas acabam por se destruir, perdendo-se desta forma o óleo essencial. Weller *et al.* (2000) refere ainda que caso a hortelã-pimenta seja muito verde ou esteja molhada, a destilação terá um tempo prolongado, tornando-se difícil a recuperação do óleo. Gasparin (2012) concluiu que para obter o máximo de rendimento do óleo essencial e o mínimo de degradação da cor, a secagem da hortelã-pimenta deve ser realizada a uma temperatura até 50°C com a velocidade do ar de secagem na faixa de 0,3 a 0,5 m s⁻¹, contrariando Cunha *et al.* (2013) e Cunha (2014) que indicam valores inferiores (entre 20°C e 35°C) de temperatura de secagem. As técnicas mais utilizadas para a extração de óleos essenciais são: extração por arraste a vapor, hidrodestilação, extração com solventes orgânicos, prensagem a frio e extração com fluído supercrítico (Gasparin, 2012).

O principal constituinte químico dos óleos essenciais da hortelã-pimenta é o mentol, contendo no entanto, outros constituintes. A qualidade do óleo essencial da hortelã-pimenta é determinada pela combinação correta dos constituintes químicos, especialmente do mentol e mentona e a ausência de mentofurano. Após a separação do óleo, este produto é relativamente estável por muitos meses, desde que seja mantido fora da luz solar direta e em local fresco e seco. O odor e o sabor são boas indicações da qualidade do óleo (Anon, 2010).

Antes do processo de secagem terminar, deverá ser recolhida uma amostra e verificar se o caule quebra, sendo este um teste simples, mas eficiente para perceber se está bem seco, uma vez que as folhas secam primeiro que os caules. Processar pouco tempo depois da secagem, ajuda na redução de pontos de risco, pois se existir material que não está bem seco, são normalmente os caules, que no processamento são separados das folhas. Esta separação das folhas dos caules é feita por norma devido a diferentes razões, tais como: as folhas serem mais valiosas que os caules, interessando por vezes só estas ao comprador; a remoção dos caules por motivos de segurança, sobretudo quando o secador ou processo de secagem são inefficientes, gerando a secagem heterogénea, não secando os caules totalmente e podendo danificar um lote inteiro; a remoção de pó e outros elementos indesejados; a redução do volume ocupado pelas plantas, tornando mais eficiente o espaço de armazenamento bem como o posterior transporte, diminuindo custos associados; a

separação das plantas secas em diferentes frações, de acordo com as prioridades do comprador por exemplo se para infusões ou condimentos; o aumento do valor da matéria-prima, por estar a oferecer um produto já com valor acrescentado; e potenciar a criação de marcas próprias para o produtor e a venda local dos seus produtos já transformados (Alves, 2013).

1.2.11. Comercialização, produções esperadas e rendimentos

As plantas aromáticas e medicinais estão num mercado em desenvolvimento a nível comunitário e mundial, para quase todos os tipos de utilização, no estado fresco ou seco, ou como matéria-prima para a extração dos seus princípios ativos, para produção de óleos essenciais. O mercado das PAM é assim bastante diverso. O mais importante dos mercados é o mercado para a indústria, seja a alimentar, a cosmética, a farmacêutica ou a química, que utilizam as PAM de diversas formas.

Verificou-se nas últimas três décadas um aumento substancial do mercado das PAM no mundo. O incremento nas exportações na última década e a reafirmação no seu uso em sistemas de saúde alternativos, mostra o interesse nesses produtos tornando-o assim um sector que movimenta um vasto volume financeiro (Barata e Lopes, 2014).

Por outro lado, o mercado europeu é um forte consumidor deste produto. De acordo com Gruenwald (2008), o mercado mundial de PAM representava, aproximadamente 83 milhões de dólares, e com tendência para ter um crescimento constante, variável entre 3% e 12% ao ano, dependendo do mercado.

O mercado da comunidade europeia é o segundo mercado a nível mundial, após o dos EUA. É um mercado ainda em crescimento, quer na cosmética, quer na alimentação.

Relativamente ao comércio internacional de Portugal, embora o mercado interno seja determinante para as PAM, a importância das vendas para o exterior é relevante para todas as tipologias de PAM, variando o seu peso entre 22% no caso de produtores de verde, até 32% para os produtores de plantas secas, sendo o mercado europeu o dominante (GPP, 2013). Deste modo, apesar de o mercado interno com a venda direta ao consumidor ser o principal canal de escoamento dos produtores de PAM em Portugal, o mercado externo está igualmente presente, sendo mais utilizado pelos produtores de material seco e

biológico, para os quais, por vezes, constitui o único canal de escoamento (Barata e Lopes, 2014).

O inquérito realizado sobre a produção de plantas aromáticas e medicinais em Portugal Continental no ano de 2012, pelo Gabinete de Planeamento e Políticas do Ministério da Agricultura e do Mar, identificou que dos 93 produtores em MPB inquiridos, 32 eram produtores de PAM em verde e 73 eram produtores que produziam para secar.

Os produtores inquiridos que comercializavam em verde, indicaram vender tanto para o mercado interno (representando 63% das vendas) como para o externo (representando 22%), este último com destino à UE (não existindo exportação para países terceiros). No mercado interno, os produtores indicaram venderem diretamente ao consumidor, a intermediários, ao pequeno comércio bem como às grandes superfícies.

Dos produtores inquiridos que comercializavam a planta em seco, quanto ao destino de produção comercializável, indicaram venderem quer para o mercado interno quer para o externo, com a particularidade de dominar no primeiro caso, a venda direta ao consumidor e, nas vendas ao exterior, a UE. No mercado interno, à semelhança dos produtores que comercializam em verde, indicaram vender diretamente ao consumidor final, a intermediários, a pequeno comércio bem como para as grandes superfícies. Dos 23 inquiridos que indicaram venderem para o mercado externo, todos vendem mais de 50% da sua produção, 20 têm como destino o mercado comunitário e 3 vão para mercados de países terceiros.

Como as PAM são geralmente comercializadas em seco, é necessário garantir que após o processo de secagem estejam de acordo com os parâmetros de qualidade exigidos para a sua comercialização. A qualidade pode ser avaliada pelos compradores através de parâmetros como a cor (que deverá ser a mais próxima da cor de campo da planta), uma análise sensorial (por norma, o comprador procura perceber se o processo de secagem foi o correcto, através do aroma das plantas de modo a perceber se os óleos permanecem nas mesmas, ou através de uma infusão, utilizando uma amostra da plantas) e/ou análises laboratoriais (por norma, no início da relação comercial é normal que estas análises sejam sempre feitas aos lotes enviados, de forma a garantir que as plantas estão isentas de pesticidas e metais pesados). As plantas secas são compradas diretamente aos produtores,

ou então, após passarem por uma série de intermediários (comerciais locais, cooperativas de produtores) (Alves, 2013).

No caso específico da hortelã-pimenta, países como a França, Brasil, EUA, e Índia são dos maiores produtores a nível mundial. Para a Índia a área estimada de produção é de 2500 ha, estimando-se a produção de uma quantidade de 200 toneladas de óleo essencial. No entanto, estes valores ficam aquém da produção mundial de 4000 toneladas (NHB, 2005).

Para o rendimento médio da hortelã-pimenta em fresco, por hectare, NHB (2005) refere um rendimento de 20 toneladas, considerando dois cortes enquanto Neto *et al.* (s/d) para uma plantação de 73522 pés, indica uma previsão esperada em fresco de 16543 kg considerando três cortes; Munöz (1987) refere que o rendimento da hortelã-pimenta em fresco oscila entre 7 a 10 t no primeiro corte e de 4 a 6 t no segundo, num total de 12 a 16 t ha⁻¹ diferindo dos valores apresentados por Alves (2013) que refere uma variação na produção em fresco entre 6 a 8 t ha ano⁻¹.

Para o rendimento médio de hortelã-pimenta em seco, Neto *et al.* (s/d) indica um rendimento de 4136 kg ha⁻¹ em seco para uma densidade de plantação de 73522 pés, e o número de cortes referida para o rendimento em fresco; Estes valores são próximos dos referidos por Cunha *et al.* (2013) e Munöz (1987), cujo rendimento das folhas secas foi de aproximadamente 3 a 4 t ha⁻¹, com uma percentagem de perda de peso na secagem de 75%. Munöz (1987) faz ainda referência a que a planta de hortelã-pimenta seca compreende uma haste que ocupa 60%, sendo os restantes 40% de folhas soltas, obtendo destas um rendimento de 1,2 a 1,6 t ha⁻¹. Segundo Alves (2013) a produção em seco varia entre 1800 a 3200 kg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo a percentagem de peso perdido de 60 a 70%.

Weller *et al.* (2000) refere que o rendimento do óleo essencial tende a ser ligeiramente mais elevado durante o primeiro ano, diminuindo um pouco nos anos seguintes, tendo no entanto as condições climáticas o maior impacto sobre o rendimento numa determinada época. NHB (2005) indica uma produção de 250 kg ha⁻¹ de óleo essencial por ano considerando dois cortes sendo que para Cunha *et al.* (2013) o rendimento em óleo essencial é de 1 a 2,5%, o que pode corresponder a cerca de 30 a 40 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Munöz (1987), refere para o óleo essencial um rendimento um rendimento de 1 a 2,5% sobre a planta em seco.

Relativamente à comercialização, existe uma grande amplitude de preços que podem variar consoante a forma como é apresentada no mercado: a granel ou embalado, planta inteira ou apenas folha, venda a um intermediário ou consumidor final, para o mercado interno ou externo (GGP, 2013). Esta situação verifica-se na essência de hortelã-pimenta, que por ser muito procurada, sofre por vezes grandes oscilações no preço, em virtude da abundância da produção que, em alguns anos pode conduzir à saturação do mercado (Ferretti, 1995). Quanto a preços médios de exportação para esta cultura, para o ano de 2013, estes aproximaram-se de valores de 4 €/kg para planta inteira seca e 6 €/kg apenas para folha seca (Alves, 2013). Consultando a tabela de preços de uma sociedade de produtores de ervas aromáticas Portuguesa, a “Under the Sun, Portuguese Aromatics”, verificamos que esta planta apresenta valores de 5 €/kg para plantainteira e 11,30 €/kg apenas para folhas.

1.3.Fertilização

1.3.1. Fertilidade do solo

A agricultura biológica utiliza um modo de produção no qual são utilizadas práticas culturais que respeitam o equilíbrio natural do meio ambiente e no qual se trabalha em compatibilidade com os ciclos naturais da terra, plantas e animais. A ênfase incide no ciclo de nutrientes dentro do sistema agrícola e na atividade biológica do solo onde a componente orgânica tem como principal função a de reservatório de nutrientes essenciais em quantidade e proporção adequadas para o crescimento das plantas, a que designamos de fertilidade do solo. Esta depende da sua composição e das interações entre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Brito, 2007).

O esforço em melhorar estas propriedades é fundamental no modo de produção biológico (MPB) para estabelecer um solo saudável, sendo isto possível através de rotações e consociações adequadas, com inclusão de leguminosas e/ou culturas para sideração, e através da incorporação nos solos de compostos, ou outros fertilizantes aceites pelo MPB (Brito, 2007).

Para que uma planta consiga produzir em plena quantidade e qualidade, ela necessita, para além de outras condições ambientais favoráveis, de ter à sua disposição durante todo o

período de crescimento diversos nutrientes minerais, considerados elementos essenciais, nomeadamente azoto (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), níquel (Ni), boro (B); molibdénio (Mo) e cloro (Cl) (MADRP, 1997). Elementos como o sódio (Na), silício (Si) e cobalto (Co), são considerados apenas como elementos benéficos.

Os macro nutrientes, são os elementos que as plantas necessitam em maiores quantidades (ainda que variável entre diferentes culturas), nos quais estão incluídos o N, P e K. Estes, são os nutrientes absorvidos em maiores quantidades e por isso os seus teores disponíveis no solo são na maior parte dos casos insuficientes para a produção agrícola, existindo a necessidade de recorrer à sua aplicação sob a forma de fertilizantes. Os micronutrientes, são os nutrientes que a planta absorve em menor quantidade, podendo inclusivamente causar-lhes intoxicação, quando absorvidos em excesso. As exigências quantitativas de nutrientes não são lineares, variando consoante a natureza e o desenvolvimento da cultura, a cultivar e o nível de produção. Como tal, é importante conhecer as necessidades de nutrientes da cultura bem como as disponibilidades do solo em nutrientes (MADRP, 1997).

A fertilização consiste na adição de nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento da cultura, suprimindo eventuais deficiências com vista ao aumento da produtividade. Principalmente no MPB, a prática da fertilização por parte dos produtores, deveria seguir as boas práticas designadamente as que se referem no Código de Boas Práticas Agrícolas (MADRP, 1997) tais como: i) que nutrientes é necessário aplicar ao solo e/ou à cultura; ii) quais as quantidades mais adequadas desses nutrientes; iii) quais os fertilizantes tecnicamente mais favoráveis para aplicar esses nutrientes tendo em conta as condições do solo, clima e da própria cultura; iv) quais as épocas mais apropriadas para proceder à sua aplicação; v) quais as técnicas de aplicação a adotar de forma a obter-se uma melhor eficácia no aproveitamento desses nutrientes pela cultura.

As substâncias que são aplicadas às plantas, os fertilizantes, quer seja no solo e/ou na parte aérea das mesmas, com o objetivo de melhorar a sua nutrição, permitem a obtenção de maiores e melhores produções, sendo assim a aplicação de fertilizantes considerada uma técnica de produção que, associada a outras práticas pode ser decisiva para o aumento de rentabilidade económica de uma produção (MADRP, 1997).

No entanto, os fertilizantes autorizados em MPB, em particular os produtos orgânicos, utilizados sobretudo para resolver os problemas da nutrição azotada, são produtos caros e com reduzida eficiência de azoto aplicado (Rodrigues *et al.*, 2006). Na prática, o uso de fertilizantes orgânicos, como encarecem a técnica cultural, devem ser aplicados com racionalidade, em doses devidamente fundamentadas pelo diagnóstico do estado nutricional das plantas. Porém, presentemente, a gestão da nutrição mineral desta cultura e da fertilização são basicamente empíricas, uma vez que não se dispõe de informação publicada que auxilie os produtores nesta prática cultural (Rodrigues *et al.*, 2013).

Fertilização orgânica

A fertilização orgânica no MPB utiliza produtos obtidos pela decomposição de matéria vegetal morta e de excrementos de animais. Ao abordar a fertilização no MPB é importante considerar não só os princípios estruturais da própria agricultura biológica, mas também os normativos legais que a regulam, nomeadamente os regulamentos 834/2007 do Conselho, e 889/2008 da Comissão. Este último, no anexo I, estipula os fertilizantes permitidos neste modo de produção agrícola, estabelecendo aí algumas restrições e especificidades dos mesmos. É de acrescentar que alguns dos fertilizantes referidos nesta regulamentação, de origem na agricultura convencional, são excecionalmente autorizados, na medida em que o agricultor “biológico” tem de dar prioridade às práticas culturais que permitem a fertilização das culturas com base nos recursos com origem na própria exploração ou noutras explorações em modo de produção biológico, rotações e consociações de culturas, adubação verde, resíduos das culturas e/ou dos animais (Ferreira, 2012a).

A fertilização orgânica e a fertilidade do solo

Os solos agrícolas sem fertilização orgânica, particularmente em modo de produção convencional, podem degradar progressivamente, sofrendo deterioração da sua estrutura e perdendo matéria orgânica. Esta degradação é acompanhada pela perda de nutrientes disponíveis para a planta e por um acumular de agentes patogénicos de origem edáfica (Bailey e Lazarovits 2003, Calbrix *et al.*, 2007, Karhu *et al.*, 2012 e Thangarajan *et al.*, 2013). Paralelamente, as quantidades estimadas de potenciais fertilizantes orgânicos

produzidos por ano mundialmente ascendem a $3,8 \times 10^9$ toneladas de resíduos vegetais, 7×10^9 toneladas de estrumes e muitas toneladas de outros resíduos sólidos, parte deles proibidos para o MPB (Thangarajan *et al.*, 2013). Se por um lado é reconhecida a necessidade de adicionar fertilizantes orgânicos aos solos agrícolas como parte de uma gestão cuidada da fertilidade do solo, por outro lado existe uma vontade de explorar os sistemas agrícolas como meio de ‘reciclar’ estes materiais orgânicos. No entanto, a utilização de fertilizantes com pouca qualidade, como o composto de resíduos sólidos urbanos, pode aumentar o conteúdo e a disponibilidade de metais no solo que se podem revelar tóxicos para as plantas (Santos *et al.*, 2010).

1.3.2. Fertilizantes orgânicos

As matérias-primas (e consequentemente os produtos), autorizadas para efeitos de fertilização orgânica em agricultura biológica, são as que se encontram em conformidade com a legislação comunitária em vigor, em especial o Regulamento (CE) n.º 889/2008.

Os fertilizantes referidos nestes regulamentos são de origem “convencional” e são “excepcionalmente autorizados” na medida em que o agricultor “biológico” deverá dar prioridade às práticas culturais que permitem a fertilização das culturas com base nos recursos das próprias explorações agrícolas, tais como as rotações de culturas e consociações, adubação verde ou sideração, resíduos das culturas e/ou dos animais produzidos ou criados na própria exploração segundo o modo de produção biológico (Ferreira, 2012b).

Deste modo, estes produtos apesar de autorizados, só podem ser usados em complemento das práticas de base, e quando as restantes práticas indicadas não forem suficientes, de acordo com os princípios de produção biológica nas explorações agrícolas definidas na legislação comunitária. (Ferreira, 2012b). Do anexo I do referido regulamento comunitário constam as seguintes matérias-primas/produtos: a) estrume; b) estrume seco e excrementos de aves de capoeira desidratada; c) compostos de excrementos sólidos de animais, incluindo os excrementos de aves de capoeira e estrumes compostos; d) excrementos líquidos de animais (chorume, urina); e) produtos de compostagem ou fermentação de resíduos domésticos; f) turfa; g) compostos de culturas de cogumelos; h) excrementos de

minhocas (lombricomposto) e de insectos; i) guano; j) produtos de compostagem ou fermentação anaeróbia de misturas de matérias vegetais; k) produtos ou sub-produtos de origem animal; l) produtos e subprodutos de origem vegetal para fertilizantes; m) algas e produtos de algas; n) serradura e aparas de madeira; o) casca de árvore compostada; p) cinzas de madeira; q) vinhaça e extratos de vinhaça.

Os fertilizantes podem ser classificados de acordo com a origem das suas matérias-primas, da forma como se apresentam, da sua utilização e da rapidez com que atuam sobre as plantas. Deste modo, a classificação adotada distingue os fertilizantes orgânicos e organominerias (corretivos orgânicos e organominerais sólidos, adubos orgânicos e organominerais sólidos e fertilizantes orgânicos e organominerais líquidos) dos fertilizantes minerais (corretivos minerais e adubos minerais) (Ferreira, 2012b).

Através da norma NP 1048, e mais recentemente através do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de Junho, a legislação portuguesa classifica os adubos e corretivos orgânicos, indicando os teores mínimos que cada fertilizante orgânico deverá conter.

Os produtos comerciais que estão autorizados a serem utilizados em agricultura biológica, nomeadamente os corretivos orgânicos e organominerais sólidos, os adubos orgânicos e organominerias sólidos e os fertilizantes orgânicos e organominerias líquidos, poderão ser consultados no Guia de Factores de Produção para a Agricultura Biológica 2012/2013. Neste guia são apresentados os nomes dos produtos comerciais, e outros dados tais como a sua origem e matérias-primas, formulação, aplicação, bem como composição química em relação ao produto comercial (matéria bruta) no caso dos corretivos orgânicos.

No entanto, a lista do referido Guia, não é exaustiva, incluindo apenas os produtos sobre os quais, em Fevereiro de 2012, possuíam a informação mínima suficiente para serem considerados no mesmo em conformidade com a legislação em vigor relativa à agricultura biológica.

Os corretivos orgânicos pelas suas características, têm uma ação mais lenta sobre as plantas que os adubos. Estes atuam mais no solo pela melhoria das propriedades físicas, nomeadamente na capacidade de infiltração de água e a estabilidade dos agregados (Benbi *et al.*, 1998), estrutura, permeabilidade, retenção de água, etc., melhorando a estrutura do solo (Shiralipour *et al.*, 1992; Carpenter-Boggs *et al.*, 2000), facilitando o desenvolvimento

radicular das culturas pela diminuição da densidade aparente (Mamman *et al.*, 2007); das propriedades químicas nomeadamente na reserva de nutrientes, pH, etc; e nas propriedades biológicas tais como maior atividade e equilíbrio entre os organismos do solo.

Mineralização e nitrificação do azoto

Na fertilização dos solos e das culturas, pode utilizar-se uma extensa gama de fertilizantes ricos em azoto, sejam adubos ou corretivos. Nos fertilizantes orgânicos, o azoto orgânico pode ser encontrado sob diferentes formas, em especial sob a forma proteica. Este azoto, uma vez incorporado no solo, fica sujeito a um conjunto de sucessivas transformações (aminização, amonificação e nitrificação) realizadas por diversos microorganismos. As transformações, que conduzem à mineralização do azoto (aminização e amonificação) e depois a nitrificação, têm como resultado final a conversão do azoto orgânico em azoto nítrico, depois de passar por azoto amoniacal. Deste modo, podemos afirmar que o azoto orgânico não está imediatamente disponível para ser absorvido pelas plantas. Estas só o podem absorver depois do mesmo ser mineralizado, tendo sido anteriormente retido no solo e não tendo sido perdido nas águas de lixiviação. A mineralização da MO é desta forma um processo gradual e complexo, dependendo a rapidez com que se desenvolve de numerosos fatores ambientais, em especial das condições de temperatura, humidade, arejamento e grau de acidez do solo (MADRP, 1997; Cordovil, 2004).

O ião nitrato é dotado de uma grande mobilidade, estando sujeito a grandes perdas, uma vez que é facilmente arrastado para as camadas mais profundas do solo pelas águas de percolação. Esta situação é justificável, pelo facto de os nitratos serem sais extremamente solúveis em água e o ião nitrato não ser suscetível de ser facilmente retido, pelo complexo de adsorção do solo (argila e húmus, principalmente), nem reage com outros constituintes para dar origem a compostos insolúveis ou de solubilidade mais ou menos reduzida.

O ião amónio, contrariamente ao que acontece com o ião nitrato, é facilmente retido pelo complexo de adsorção do solo, não ficando desta forma tão sujeito às perdas por lixiviação. Este ião, em condições normais de humidade e temperatura vai, no entanto, sob a ação das nitrobactérias, convertendo-se progressivamente em nitrato (MADRP, 1997; Cordovil, 2004).

Fertirrigação

A fertirrigação, aplicação de fertilizantes na água de irrigação, difere claramente da aplicação dos fertilizantes sólidos, principalmente porque acelera a disponibilidade dos nutrientes, uma vez que os nutrientes são aplicados ao solo na forma solúvel. O nutriente solúvel na água infiltra-se no solo já na forma disponível, em toda a zona radicular, garantindo uma máxima intercetação pelo sistema radicular da planta, comparativamente com a aplicação convencional, na qual os nutrientes sólidos são depositados próximo da planta ou na superfície do solo e precisam esperar pela chuva para se infiltrarem no solo, ficando dependentes das intensidades e das frequências das chuvas para se moverem no solo, podendo ou não ser interceptados pelo sistema radicular (Coelho *et al.*, 2011).

Com a fertirrigação, um maior número de raízes passa a absorver os nutrientes. Além deste facto, uma vez que os fertilizantes são aplicados juntamente com a água de irrigação, em que se espera que esta proporcione um uso racional de água, é possível controlar a percolação e a lixiviação, resultando numa aplicação de fertilizantes com maior eficiência que a obtida na adubação convencional (Coelho *et al.*, 2011).

O sucesso da fertirrigação depende essencialmente da distribuição de água às plantas, o que deve ocorrer do modo o mais uniforme possível, ou seja, o ideal será que todas as plantas recebam a mesma quantidade de nutrientes (Coelho *et al.*, 2011).

A escolha do fertilizante a ser aplicado na água de irrigação, para a fertirrigação, deve ser feita após a avaliação das características dos produtos existentes no mercado, para que sua utilização seja adequada ao sistema de irrigação, à exigência da planta, ao solo, etc. As matérias-primas dos fertilizantes utilizados, devem apresentar elevada solubilidade para que a concentração final do nutriente na solução seja, de facto, a calculada, como também para que não cause entupimentos dos emissores, principalmente dos gotejadores (Borges e Silva, 2011). Na fertirrigação, a preparação das soluções fertilizantes consiste em determinar a quantidade de nutrientes (e posteriormente dos fertilizantes) necessária para a cultura em causa, em cada aplicação, com base nas respetivas concentrações de nutrientes e quantidade de água disponibilizada. Na determinação da quantidade de nutrientes a aplicar à cultura, é necessário o conhecimento sobre: a extração dos nutrientes pela cultura durante o seu crescimento e desenvolvimento; a quantidade de nutrientes que o solo pode fornecer para a cultura; a quantidade de nutrientes existentes na água de irrigação; a taxa

de absorção de nutrientes nos diferentes estados fenológicos da planta; e a eficiência de aplicação e utilização dos nutrientes aplicados (Medeiros *et al.*, 2011).

1.3.3. Fertilização da hortelã-pimenta

Para a produção de hortelã-pimenta, é necessário ter em consideração que esta cultura precisa de um solo rico em matéria orgânica (DAIS, 2009; Cunha *et al.*, 2013).

Uma vez que a cultura de hortelã-pimenta fica instalada entre 2 a 5 anos, é prática comum a utilização de telas de cobertura de solo no cultivo desta cultura, o que inviabiliza a incorporação de matérias fertilizantes após a instalação da cobertura, sendo apenas possível a fertirrigação. Deste modo, é imperativo, uma boa correção orgânica do solo na fase da instalação da cultura.

A produtividade da hortelã-pimenta é conhecida por ser fortemente influenciada pelo aumento da adubação (Singh *et al.*, 1989; Court *et al.*, 1993; Mitchell e Farris, 1996). Para Cunha *et al.* (2013), fertilizantes à base de azoto, fósforo e potássio e enxofre poderão ser aplicados em função das necessidades da cultura e do modo de produção, e quando necessário, deverá ser adicionado estrume bem curtido na altura da preparação do terreno (sendo por norma suficiente 20 t ha⁻¹). Sendo a hortelã-pimenta uma planta que cresce ao longo do ano, é necessário que existam nutrientes em quantidade adequada em todos os períodos (Mitchell, 1998).

Azoto (N)

O azoto é um dos elementos mais importantes para a produtividade da hortelã-pimenta e para a composição do seu óleo essencial (Singh *et al.*, 1989; Mitchell e Farris, 1996; Jeliaskova *et al.*, 1999; Hart *et al.*, 2010), favorecendo o crescimento da folha (Pollack, 1995; DAIS, 2009), contribuindo para o aumento da duração do ciclo vegetativo com o aumento de produção de massa (Munsi, 1992), atrasando a sua maturação (Mitchell, 1998), e melhorando o sabor e a qualidade do óleo essencial (DAIS, 2009). Quando a planta amadurece, e entra em floração, a quantidade de óleo essencial diminui.

O azoto deve ser aplicado a esta cultura, no início do período de crescimento, e quando as plantas começam a mostrar sinais de floração e o produtor quer atrasar esse processo (Pollack, 1995). No entanto, de modo a manter uma boa fertilidade do solo, são necessárias aplicações frequentes de azoto durante todo o período de crescimento (DAIS, 2009).

Com a crescente preocupação com a poluição ambiental, decorrente das aplicações excessivas de azoto (N) na forma de nitrato e da lixiviação dos nitratos para as águas subterrâneas, é imperativo conhecer as doses de N a aplicar, com vista não só à obtenção de um ótimo rendimento económico, bem como para minimizar a contaminação das águas subterrâneas (Mitchell *et al.*, 1993).

Singh *et al.* (1989), em ensaios realizados com *Mentha arvensis* (menta japonesa), *M. piperita* (hortelã-pimenta) e *M. spicata* (hortelã), verificaram que o rendimento destas espécies aumentou significativamente com a fertilização de N até aos 100 kg N ha⁻¹. A altura da planta, a razão entre o peso das folhas e dos caules, e o índice de área foliar aumentaram com a aplicação de N. Para os mesmos ensaios realizados por Singh *et al.* (1989), estes autores verificaram ainda que as doses economicamente ideais de N para a *M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata* eram nomeadamente 167, 153 e 145 kg N ha⁻¹.

Em 1990 e 1991, em Ontário (Canadá), Court *et al.* (1993) conduziram um ensaio experimental de campo para estudar os efeitos de diferentes doses (0, 60, 120, 180, 240 e 300 kg ha⁻¹) de azoto (N) nas características da produção e do óleo essencial de hortelã-pimenta e concluíram que o rendimento do óleo essencial aumentou com a adubação com azoto (N) até 180 kg ha⁻¹, após o qual o aumento de N não teve qualquer influência no rendimento do óleo.

Mitchell *et al.* (1993), indicou uma dose de 113 a 136 kg N ha⁻¹, dividida em várias aplicações, como sendo prática de fertilização recomendada para o centro de Oregon (EUA) para a cultura de hortelã-pimenta. No entanto, este autor refere que embora esta prática conduza a melhores rendimentos da hortelã-pimenta, com as várias aplicações, muito do N é perdido. Deste modo, apenas 68 kg ha⁻¹ seriam absorvidos pela planta e os restantes 45 kg ha⁻¹ seriam perdidos por lixiviação devido a irrigação excessiva.

Mitchell e Farris (1996) num estudo para determinar a resposta da hortelã-pimenta à irrigação num clima árido, concluíram que a produção de matéria seca ótima teria ocorrido

para uma aplicação de 111 e 85 kg N ha⁻¹, no ano de 1993 e 1994 respetivamente, sendo estes valores concordantes com estudos realizados anteriormente para a hortelã-pimenta em vários locais. Brown *et al.* (2003) indicaram entre 91 a 113 kg de N ha⁻¹ para suportar um ótimo crescimento da planta, valores referidos igualmente por Hart *et al.* (2010).

No ano de 1998, após um ensaio realizado nos EUA, Mitchell (1998) elaborou uma tabela de recomendação de fertilização, que assume o mínimo de perdas devido a volatilização e lixiviação indicando as quantidades de N a aplicar no início da primavera ou nos meses de Maio e Junho. Mitchell (1998) faz ainda referência às práticas de irrigação e ao tipo de solo, uma vez que a drenagem dos solos pode conduzir à lixiviação de nitratos facto que leva muitos produtores a optarem pela fertirrigação a partir de junho até à colheita, sendo geralmente aplicados 4,5 a 7 kg N ha⁻¹ em cada uma das sete irrigações até à colheita, perfazendo um total de 32 a 49 kg N ha⁻¹. O restante N deverá ser aplicado anteriormente.

Weller *et al.* (2000) defendem tal como Mitchell *et al.* (1993) que o azoto deverá ser aplicado por duas vezes, sendo a primeira no início de crescimento da cultura, e a segunda quando as plantas tiverem entre 25,4 e 30,5 cm de altura. NHB (2005) indica como dose recomendada para a hortelã-pimenta 120 kg N ha⁻¹.

Hart *et al.* (2010) indicaram que os rendimentos do óleo essencial da hortelã-pimenta não beneficiam de doses de adubação com azoto superiores a 104 kg N ha⁻¹, sendo as perdas por lixiviação aproximadamente de 45 kg ha⁻¹ de N, utilizando esta dose de fertilização. Estes autores fazem ainda referência aos valores de absorção de azoto acumulado e à acumulação de biomassa para hortelã-pimenta. Verificaram que na colheita esta planta continha entre 79 a 102 kg N ha⁻¹ para uma biomassa de cerca de 4536 kg ha⁻¹. Referiram ainda que a taxa de absorção máxima de N pela hortelã-pimenta variou entre 907 g a 1,4 kg ha⁻¹ dia⁻¹, ocorrendo esta em Maio e início de Junho, 30 a 40 dias antes do pico de acumulação de biomassa. Até ao final de junho, a taxa de absorção de N caiu para menos de 227 g ha⁻¹ dia⁻¹. O rápido crescimento de hortelã durante o mês de maio e início de junho cria folhas suficientes para uma cobertura completa do solo, que interceta toda a radiação solar. A partir do momento em que a copa "fecha" até a colheita, o novo crescimento da folha é acompanhada por perda de folhas inferiores (Hart *et al.*, 2010).

Fósforo (P)

Para o crescimento e desenvolvimento da hortelã-pimenta são necessárias doses adequadas de fósforo disponível. Weller *et al.* (2000) referem que o solo deverá ter um nível de P_2O_5 de 45 kg ha^{-1} , valor que difere de DAIS (2009), que refere que o solo deve ter 120 kg de P_2O_5 disponível por ha.

A variação dos níveis de fósforo aplicados na hortelã-pimenta interferiram no desenvolvimento da *Mentha x piperita* L. (David *et al.*, 2007) tendo o aumento da aplicação de fósforo sido associados ao aumento em média o número de folhas. Hart *et al.* (2010) afirmam que entre 14 e 18 kg ha^{-1} de P são removidos pela hortelã-pimenta e que é necessário a determinação de P através da análise do solo para estimar o valor de P a aplicar. Para Pollack (1995) na cultura de hortelã-pimenta, o fósforo deverá ser adicionado ao solo, quando necessário, para melhorar a sua fertilidade.

Potássio (K)

Hart *et al.* (2010) referem o potássio como o segundo nutriente mais absorvido em quantidade pela hortelã-pimenta após o azoto, influenciando o rendimento da produção de hortelã-pimenta e do seu óleo essencial.

Mitchell (1998) e Brown *et al.* (2003) referem que a hortelã-pimenta consome grandes quantidades de potássio. Para um rendimento médio de 3 t ha^{-1} de hortelã-pimenta, esta extrai/remove cerca de 113 kg de potássio por hectare. Mitchell (1998) definiu que as quantidades de potássio (K_2O) a aplicar a esta cultura, seriam respetivamente 91 , 54 , 27 e 0 kg ha^{-1} , para teores de K no solo de 0 , 100 , 200 e $>200 \text{ kg ha}^{-1}$ respetivamente.

Hart *et al.* (2010) referiram que a colheita de 4 a 5 t ha^{-1} de hortelã-pimenta remove/extrai entre 113 a 159 kg ha^{-1} de potássio, devendo este nutriente ser aplicado quando o solo tem menos de 200 kg ha^{-1} . Weller *et al.* (2000) indica que a cultura de hortelã-pimenta requerer um nível de 181 kg ha^{-1} de potássio (K_2O) para a região norte Indiana.

1.4.Objetivos do trabalho

Os objetivos deste trabalho consistem na avaliação do efeito da correção orgânica e da fertirrigação na cultura de hortelã-pimenta (*Mentha x piperita*) no modo de produção biológico, através de um ensaio experimental de vasos e outro de campo, para contribuir para a melhoria das recomendações de fertilização no MPB para esta cultura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Realizaram-se visitas e entrevistas a produtores de hortelã-pimenta, para analisar as práticas culturais adotadas pelos produtores desta cultura em Portugal e apurar sobre a fertirrigação a testar nos ensaios experimentais.

Investigaram-se diversas marcas e fornecedores de produtos de fertirrigação e de corretivos orgânicos, no sentido de escolher o melhor produto de entre a grande variedade existente no mercado. Analisaram-se as fichas técnicas de modo a identificar origens, matérias-primas, formulações, aplicações e composição química.

2.1. Instalação da cultura hortelã-pimenta

A cultura de hortelã-pimenta foi instalada no produtor de ervas aromáticas e medicinais Ervas D'Avó, Lda., que se situa a 41,249° de latitude, a -8,033° de longitude e aproximadamente a 175 m de altitude, na freguesia de Gondar, no concelho de Amarante.

Clima

Esta região possui um clima mediterrânico (classificação climática de Köppen-Geiger), temperado, de verão seco e suave, e de invernos frescos e húmidos, de temperatura média anual de 12°C. Os meses mais quentes são julho e agosto com temperaturas médias superiores a 19°C e os mais frios no inverno com temperaturas médias inferiores a 10°C. A precipitação média mensal nesta região varia entre os 22 mm no mês de julho e os 188 mm no mês de dezembro, sendo a precipitação média anual de aproximadamente 1358 mm (FAO, 2015).

Solo

O solo desta região é formado maioritariamente com base em granito com predomínio de biotite, possui textura franco-arenosa ou franca, e possui um baixo risco de erosão. O solo da empresa Ervas D'Avó, Lda. possui parcelas mais ricas em MO (com um teor médio em matéria orgânica de 3,1%) e parcelas mais pobres em MO (com um teor baixo de matéria

orgânica de 1,9%) (Fig. 2.1) devido às diferentes condições agronômicas e ecológicas em que permaneceram. Para os ensaios experimentais os solos utilizados foram ambos colhidos aleatoriamente da camada superficial, entre 0 e 15 cm de profundidade, de diferentes de parcelas (uma com teor baixo em MO (solo P) e outra de solo com teor médio em MO (solo M)), as quais foram utilizadas, anteriormente, na produção de vinha. A parcela com o solo P encontrava-se em pousio aproximadamente há 10 anos, ao contrário da parcela do solo M que fora corrigida pelo produtor em abril de 2014 com o corretivo orgânico “Fertimax Agro Mix”, após recomendação (pela DRAP Norte) de fertilização do solo para instalação de culturas aromáticas na dose de 20 a 30 t ha⁻¹ com um composto.



Figura 2.1- Aspecto do solo da parcela com baixo teor em MO (P) e do solo da parcela com teor médio em MO (M).

Plantas

As plantas de hortelã-pimenta utilizadas nos ensaios experimentais foram cedidas em tabuleiros de esferovite com 220 alvéolos (3 x 2,5 x 5,5 cm³) pelo produtor Ervas D’Avó, Lda., sendo as mesmas provenientes do viveirista Horto Flor D’arte certificado em MPB.

Para a transplantação nos ensaios experimentais, as plantas foram escolhidas aleatoriamente de modo a serem as mais homogêneas entre si e representativas das que seriam transplantadas em todas as parcelas. Seleccionaram-se 192 plantas, das quais 70 plantas foram destinadas a um ensaio de vasos, e 102 plantas a um ensaio de campo, e 20 plantas foram utilizadas para análises laboratoriais.

Enraizante

Utilizou-se um enraizante designado por Organihum Enraizplus comercializado pela Econatur, o qual é um produto fertilizante organomineral à base de aminoácidos obtidos por hidrólise enzimática de biomassa animal, extratos naturais (com fito-hormonas) de plantas, e com oligoelementos quelatados, recomendado para facilitar a emissão de raízes e o crescimento radicular. De acordo com o fornecedor este enraizante possui um teor de azoto total de 1,5%, 10% de aminoácidos livres, 5,7% de carbono orgânico, 1,5% de ferro, 0,5% de manganês, 0,1% de zinco, e 0,2% de boro. Este enraizante possui ainda 10% de matéria orgânica, uma razão C/N de 3,8, e um valor de pH de 5.

Corretivo orgânico

O corretivo orgânico utilizado no ensaio experimental tem a designação comercial de Fertimax Agro-Mix, é comercializado pela Nutrofertil está certificado para a agricultura biológica. O Fertimax Agro-Mix, segundo especificações do fornecedor, é um produto feito com base em estrume de cavalo e composto vegetal, não existindo no entanto recomendações deste corretivo para ervas aromáticas e medicinais na literatura fornecida pelo mesmo.

De acordo com o fornecedor, este corretivo é quimicamente composto por azoto total entre 0,8 e 1,5%, P_2O_5 entre 0,6 e 1,2%, K_2O entre 0,75 e 1,20%, e possui ainda 2% de Ca, 600 mg kg^{-1} Fe, 65 mg kg^{-1} de Mn, 30 mg kg^{-1} de B, 30 mg kg^{-1} de Zn e 95 mg kg^{-1} de Cu. Este corretivo orgânico possui entre 50 a 80% de matéria orgânica, pH entre 6 e 7, relação C/N de 15 e 15% de ácidos húmicos totais.

Adubo líquido

O adubo líquido utilizado no ensaio experimental com a designação comercial de Organihum Nitro Plus, é comercializado pela Econatur. Este adubo líquido, segundo as especificações do fornecedor, é um fertilizante orgânico com aminoácidos (obtidos por hidrólise enzimática de proteína animal sem adição de elementos químicos de síntese) e com extratos de plantas, não existindo no entanto recomendações específicas deste produto para ervas aromáticas e medicinais na literatura fornecida pelo mesmo. De acordo com o

fornecedor, este fertilizante é quimicamente composto por 8% de azoto total, 1,2% de P_2O_5 , 2% de K_2O e ainda 35,5% de aminoácidos livres, 45% de matéria orgânica total, 0,2% de B, 0,15% de Fe, 0,05% de Zn e pH de 4,5.

2.2. Ensaio de vasos

2.2.1. Delineamento experimental

Realizou-se um ensaio experimental em vasos, com a cultura de hortelã-pimenta, onde apenas se utilizaram fatores de produção que satisfizessem a legislação em vigor para o MPB, de acordo com o Regulamento (CE) nº 834/2007, do Conselho, de 28 de junho. As diferentes operações do ensaio e a respetiva calendarização estão representadas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1. – Calendarização das operações do ensaio experimental de vasos.

Operação cultural	Data	DAP*
Preparação dos vasos	23.09.2014	-3
Colheita de amostras de solo, corretivo e plantas	24.09.2014	-2
Plantação da hortelã-pimenta	26.09.2014	0
Aplicação de fertirrigação	21.04.2015	207
Colheita da hortelã-pimenta	07.07.2015	284

*DAP representa o número de dias após plantação

O ensaio de vasos com hortelã-pimenta foi conduzido segundo um delineamento experimental, com 5 blocos casualizados e 12 tratamentos, resultantes da estrutura fatorial de três fatores:

- Fator 1: tipo de solo, um com baixo teor de MO e outro com teor médio em MO;
- Fator 2: aplicação de corretivo orgânico “Fertimax Agro Mix” com 2 níveis, sem e com corretivo orgânico (0 e 100 g planta⁻¹ respetivamente);
- Fator 3: aplicação de fertirrigação com “Organihum Nitro Plus” com 3 níveis de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹, respetivamente).

A cada um dos tratamentos foi aplicado o enraizante Organihum Enraizplus. Para além deste ensaio experimental, avaliou-se, também, o crescimento da hortelã-pimenta sem qualquer aplicação de enraizante ou fertilizantes, com 5 repetições para cada um dos diferentes tipos de solo.

2.2.2. Instalação do ensaio

Para este ensaio utilizaram-se 70 vasos, com as dimensões de 0,30 m de diâmetro e 0,22 m de altura, e com prato, para recolha de eventuais lixiviados, que foram repostos no vaso (Fig. 2.2). Em cada vaso colocaram-se 8,5 kg de terra. Trinta e cinco vasos foram cheios com solo recolhido da parcela de solo com teor baixo em MO, e os outros trinta e cinco vasos com solo recolhido da parcela de solo com teor médio de MO. Os tratamentos foram preparados no dia 23 de setembro de 2014, previamente à plantação, tendo o solo sido homogeneizado, no local do ensaio, espalhando o mesmo no chão sobre uma cobertura de plástico. O corretivo orgânico Fertimax Agro-Mix foi igualmente homogeneizado e foi pesada a dose de 100 g que foi adicionada a cada vaso dos tratamentos com composto. O corretivo orgânico foi misturado com o solo de cada vaso, num recipiente de dimensões adequadas de modo a se proceder à homogeneização da mistura.



Figura 2.2. – Enchimento dos vasos para plantação de hortelã-pimenta.

Os vasos foram devidamente identificados e instalados ao ar livre, nas condições locais de produção do produtor Ervas D'Avó, Lda.

A transplantação das plantas efetuou-se no dia 26 de setembro de 2014, seguindo-se a aplicação do enraizante e a poda, deixando apenas dois pares de folhas (de modo a evitar excesso de transpiração e a promover o seu enraizamento). No inverno colocou-se uma cobertura plástica de proteção de modo a prevenir eventuais geadas e o excesso de precipitação que é frequente ocorrer no inverno.

A aplicação de fertirrigação com “Organihum Nitro Plus” foi realizada ao 207º dia após transplantação, numa diluição de 0,1 ml de adubo líquido em 100 ml de água, conforme recomendação do fornecedor, ao final do dia, para os níveis de fertirrigação 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹. Para o nível de fertirrigação 0 ml planta⁻¹ e para os vasos sem o tratamento com enraizante, foram adicionados 100 ml planta⁻¹ de água. Para o nível de fertirrigação 0,5 ml planta⁻¹ foi aplicado 0,2 ml diluído em 100 ml aos 7 e 15 dias seguintes.

2.2.3. Amanhos culturais

Após a plantação, adicionou-se água até à capacidade de campo em cada vaso. Posteriormente, as regas foram realizadas com um regador, conforme a necessidade das plantas, de modo a que a água não fosse um fator limitante do crescimento das plantas. A água utilizada para as regas foi de uma mina existente na exploração. No ensaio pretendeu-se adicionar a mesma quantidade de água em cada vaso, no entanto, foi necessário realizarem-se ajustes tendo em conta que os solos possuíam diferentes capacidades de retenção de água e as plantas maiores se associavam a uma maior transpiração. Os vasos foram colocados sobre um prato com finalidade de recolher lixiviados, que foram sempre recolocados no próprio vaso.

Durante todo o ensaio experimental, houve o cuidado da remoção de imediato do solo de quaisquer infestantes que imergissem, evitando deste modo a competição das infestantes com a hortelã-pimenta por nutrientes.

Ao 200º dia após transplantação efetuou-se uma poda nas plantas de modo a remover caules e folhas mortas e no sentido da promoção do novo crescimento das plantas.

Foram efetuados para o ensaio experimental os registos dos seguintes parâmetros de crescimento: i) altura da planta; ii) número de folhas por planta; iii) número de caules por planta. Os parâmetros foram registados no dia da transplantação e nos seguintes dias após a

mesma: 7, 14, 30, 42, 56, 70, 98, 133, 161, 186, 200, 214, 235, 257, 284 (Fig. 2.3). Todos os registos foram feitos por bloco experimental, iniciando um novo bloco só após o registo de todos os tratamentos do bloco anterior.



Figura 2.3. – Registo para monitorização dos parâmetros de crescimento.

2.2.4. Colheita da hortelã-pimenta

A colheita das 70 plantas de hortelã-pimenta foi efetuada no dia 7 de Julho de 2015, 284 dias após a transplantação. O processo de colheita foi executado através do corte da planta pelo colo, sendo de seguida, as plantas colocadas em saco de plástico, devidamente identificadas e transportadas para o laboratório.

2.3. Ensaio de campo

2.3.1. Delineamento experimental

Realizou-se um ensaio em campo, com a cultura de hortelã-pimenta, onde apenas se utilizaram fatores de produção que satisfizessem a legislação em vigor para o MPB. As diferentes operações do ensaio e a respetiva calendarização estão representadas no Quadro 2.2.

Quadro 2.2. - Calendarização das operações do ensaio experimental de campo.

Operação cultural	Data	DAP*
Preparação do camalhão	23.09.2014	-3
Colheita de amostras de solo e plantas	24.09.2014	-2
Plantação da Hortelã-Pimenta	26.09.2014	0
Aplicação de fertirrigação	21.04.2015	207
Colheita da hortelã-pimenta	07.07.2015	284

*DAP representa o número de dias após plantação

O ensaio de campo com hortelã-pimenta foi conduzido segundo um delineamento experimental, com 4 blocos e três tratamentos: com a aplicação de fertirrigação com “Organihum Nitro Plus” em doses crescentes 0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹, respetivamente.

2.3.2. Instalação do ensaio

Para o ensaio experimental, escolheu-se 1 camalhão da exploração, com tipo de solo de teor médio em MO, previamente coberto com tela de solo, com 0,90 m de largura por 8,5 m de comprimento. O camalhão possuía 3 linhas de plantas, com 0,25m de distância entre plantas na linha e entre as linhas. No dia 26 de setembro de 2014 efetuou-se a transplantação de 102 plantas, das quais 72 plantas foram avaliadas, e as restantes 30 plantas serviram de plantas guarda. À semelhança do ensaio experimental em vaso efetuou-se a poda das plantas após plantação e a aplicação do enraizante.

A aplicação da fertirrigação bem como a colheita das plantas decorreu de igual modo ao descrito no ponto 2.1.2.

2.3.3. Amanhos culturais

As regas no ensaio experimental de campo realizaram-se após a transplantação das plantas e posteriormente à semelhança do ensaio experimental de vaso, conforme a necessidade das plantas sendo a água utilizada proveniente da mesma mina.

A remoção de infestantes, a poda, bem como o registo dos parâmetros de crescimento decorreu de igual modo ao descrito no ponto 2.2.3.

2.3.4. Colheita da hortelã-pimenta

A colheita das 72 plantas de hortelã-pimenta foi efetuada no dia 7 de Julho de 2015, 284 dias após a transplantação. O processo de colheita foi executado de igual modo ao descrito no ponto 2.2.4.

2.4. Métodos analíticos

2.4.1. Preparação e colheita de amostras

No dia 24 de setembro de 2014, durante a preparação dos vasos, antes da transplantação, procedeu-se à colheita de 5 amostras de solo, em ambas as parcelas com solo de diferente teor de MO, e 5 amostras de corretivo orgânico para análise dos seguintes parâmetros: teor de humidade (H), valor de pH, condutividade elétrica (CE) e os teores de matéria orgânica (MO), azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro.

Para a colheita de amostras dos solos, a terra de cada um dos tipos de solo foi espalhada no chão, sobre uma cobertura plástica. Cada amostra de 500 g foi constituída com base em 25 subamostras, sendo conservadas no frigorífico. As amostras foram utilizadas para a determinação do pH, condutividade elétrica e teor de matéria seca. A amostra seca produzida, depois de moída num moinho de precisão Retsch GM 200 com crivo de 2mm, destinou-se à determinação dos teores de MO, P_2O_5 e K_2O assimiláveis, para a digestão sulfúrica (para determinação de N e P totais) e para a digestão nitro-perclórica (para determinação de K, Ca, Mg e Fe).

O mesmo procedimento foi seguido para a colheita e conservação das amostras do corretivo orgânico, sendo que de cada amostra de 100 g foram congeladas a $-20^{\circ}C$, para a análise aos extratos com KCl para determinação do azoto mineral ($N-NH_4^{+}$).

Para a análise das plantas após a colheita, efectuou-se a determinação do peso fresco e do peso seco bem como do teor de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e Fe) nas plantas.

2.4.2. Análise das características dos solos

a) Valor de pH

A determinação do valor de pH efetuou-se num extrato de solo obtido misturando a amostra de solo com água destilada e desionizada, homogeneizando-a a 22°C, na proporção de 1 volume de amostra para 5 volumes de água. A leitura do pH foi feita na suspensão com um potenciómetro e um eléctrodo combinado para pH.

b) Condutividade elétrica

A determinação da condutividade elétrica realizou-se no mesmo extrato utilizado para a determinação do pH e foi realizada na suspensão com um condutímetro e um eléctrodo com sonda de temperatura associada, tendo-se ajustado o resultado à temperatura de 25°C.

c) Determinação do teor de matéria seca

A determinação do teor de matéria seca dos solos foi feita por secagem a 105°C durante 48 horas em estufa ventilada, por diferença de peso entra a amostra inicial e final (após estufa).

d) Determinação do teor de matéria orgânica

A determinação do teor de matéria orgânica do solo foi determinada por absorção molecular com base no desenvolvimento de cor com dicromato de sódio em solubilização ácida.

e) Determinação do teor de P_2O_{5Ext}

Para a determinação do fósforo disponível utilizou-se o método de Egnér-Riehm em que a extração do fósforo foi efetuada com uma solução de lactato de amónio e ácido acético tamponizada a pH compreendido entre 3,65 e 3,75. Para a quantificação do fósforo no extrato utilizou-se o método colorimétrico (espectrofotometria UV VIS).

f) Determinação do teor de K_2O_{Ext}

Para determinação do potássio disponível utilizou-se igualmente o método Egnér-Riehm descrito no ponto anterior, sendo o potássio quantificado diretamente por espectrofotometria de emissão atômica.

g) Digestão sulfúrica para análise dos teores totais de N e P

Pesaram-se aproximadamente 0,2 g de solo da amostra seca moída colocados num tubo de ensaio recorrendo a uma balança de precisão, e registaram-se os pesos exatos das amostras. Acrescentou-se, com o auxílio de uma pipeta, 4 ml de ácido sulfúrico seguido de 3 ml de peróxido de hidrogénio a 30% de forma gradual. O processo de digestão decorreu numa placa de aquecimento própria a 120°C durante 60 minutos e 320°C durante 180 minutos. Após arrefecimento da digestão, acertou-se o volume de água desionizada até os 50 ml, tendo-se de seguida procedido à filtração. O fósforo foi determinado por espectrofotometria UV-VIS com base na reacção com o heptamolibdato de amónio e o ácido ascórbico.

h) Digestão nitro-perclórica para análise dos teores totais de K, Ca, Mg

Pesaram-se aproximadamente 0,2 g de solo da amostra seca moída colocados num tubo de ensaio recorrendo a uma balança de precisão, e registaram-se os pesos exatos das amostras. Acrescentou-se, com o auxílio de uma pipeta, 6 ml de ácido nítrico a 65% seguido. O processo de digestão decorreu numa placa de aquecimento própria a 50°C, 80°C, 150°C e 165°C, sucessivamente durante períodos de 30 minutos para cada temperatura. No final da digestão adicionaram-se 4 ml de ácido perclórico a 70% a cada tubo seguindo-se nova fase de digestão na placa de aquecimento própria a temperaturas de 165°C, 180°C, 190°C e 200°C, sucessivamente durante períodos de 30 minutos para cada temperatura. Após digestão e arrefecimento dos tubos adicionaram-se 10 ml de água ultra-pura a cada tudo e a placa de aquecimento foi programada para 120°C durante 60 minutos. Deixou-se arrefecer a mistura e acertou-se o volume com água desionizada ultra-pura até os 50 ml tendo-se procedido de seguida à filtração. O potássio foi determinado por espectrofotometria de

emissão atômica, o Cálcio, Magnésio e Ferro foram determinados por espectrofotometria por absorção atômica.

2.4.3. Análise das características do corretivo orgânico

A metodologia utilizada para as análises das características do corretivo orgânico, são idênticas às descritas na metodologia das análises das características do solo, com exceção do método da determinação do teor em matéria orgânica com base no método gravimétrico por calcinação de amostra seca a 550°C durante 4 horas. A percentagem de matéria orgânica é calculada pela diferença com a fração mineral obtida por calcinação.

2.4.4. Análise das características das plantas

a) Determinação do peso em fresco e do peso em seco

Após lavagem de cada amostra de plantas, determinou-se o peso fresco, através da pesagem em balança de precisão. Após a secagem das amostras na estufa a 61°C durante 48 horas, estas foram pesadas novamente determinando-se o seu peso seco, obtendo-se desta forma, também, a matéria seca necessária às análises laboratoriais para quantificação dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg e Fe.

b) Digestão sulfúrica e nitro-perclórica para análise dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg e Fe

Para a determinação dos teores totais de N e P nas plantas, procedeu-se à digestão sulfúrica, sendo que para a obtenção dos teores de K, Ca, Mg e Fe procedeu-se à digestão nitro-perclórica. Os métodos analíticos utilizados foram análogos aos descritos na metodologia laboratorial para as análises dos solos e corretivo orgânico.

2.5. Análise estatística

Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com 3 fatores para a experiência de vasos e um fator para a experiência de campo, para cada variável independente, recorrendo ao programa SPSS, v20, e distinguiram-se as médias dos efeitos principais, e dos tratamentos, com base na menor diferença significativa ($P < 0,05$), ou com um nível de significância superior ($P < 0,01$ ou $P < 0,001$) quando possível. Para comparar os tratamentos sem enraizante entre os dois solos, ou entre o tratamento sem fertilizantes com enraizante, e sem enraizante, para o mesmo solo, recorreu-se ao teste-t entre as respetivas médias.

Para relacionar variáveis independentes procedeu-se à análise de regressão linear e não-linear, recorrendo, também, ao programa SPSS, v20, de forma a ajustar da melhor forma, os resultados ao modelo de regressão.

3. RESULTADOS

3.1. Características dos solos e do corretivo orgânico

As características físicas e químicas dos solos e do corretivo orgânico Fertimax Agro-Mix utilizados no ensaio encontram-se representadas no quadro 3.1. O solo com teor médio de MO possuía um teor de 3,1% de MO, e consideravelmente superior ao valor de 1,9% de MO do solo pobre em MO, bem como teores de N, P e Ca, e valor de pH, superiores. No solo com teor médio de MO (solo M) a disponibilidade de P e K era superior em comparação ao solo pobre em MO (solo P). O teor de Fe era superior no solo pobre em MO em comparação com o solo com teor médio em MO. O corretivo orgânico Fertimax Agro-Mix apresentou na sua composição 1,06% de N, 1,49% de P e 2,15% de K correspondendo a valores superiores em relação aos valores apresentados pela ficha técnica nomeadamente N (entre 0,8 e 1,5%), P_2O_5 (entre 0,6 e 1,2%) e K_2O (entre 0,75 e 1,20%).

Quadro 3.1. - Características dos solos e do corretivo orgânico.

Caraterística	Unidade	Solo P	Solo M	Corretivo
MS	%	$88 \pm 0,1$	$84 \pm 0,6$	$39 \pm 0,6$
pH		$5,0 \pm 0,1$	$7,0 \pm 0,1$	$7 \pm 0,1$
CE	$dS\ m^{-1}$	$0,1 \pm 0,01$	$0,3 \pm 0,03$	$1,3 \pm 0,1$
MO	%	$1,9 \pm 0,2$	$3,1 \pm 0,2$	82 ± 1
* P_2O_5	$mg\ kg^{-1}$	86 ± 10	316 ± 59	nd
* K_2O	$mg\ kg^{-1}$	85 ± 3	611 ± 249	nd
N	$g\ kg^{-1}$	$0,6 \pm 0,1$	$1 \pm 0,1$	$10,6 \pm 0,4$
P	$g\ kg^{-1}$	$0,6 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,3$	$14,9 \pm 0,6$
K	$g\ kg^{-1}$	$14,4 \pm 1,9$	$10,2 \pm 2,2$	$21,5 \pm 4,4$
Ca	$g\ kg^{-1}$	$2,2 \pm 0,4$	$4,2 \pm 1$	$38,9 \pm 4,9$
Mg	$g\ kg^{-1}$	$2,7 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,3$	$3,3 \pm 0,1$
Fe	$g\ kg^{-1}$	$4,06 \pm 0,7$	$2,5 \pm 0,15$	$3,9 \pm 1,16$
$N-NH_4^+$	$mg\ kg^{-1}$	nd	nd	52 ± 19

Solo P = solo com um pobre teor em MO; Solo M = solo com teor médio de MO.

Os teores de matéria orgânica (MO) e de nutrientes foram calculados em relação à matéria seca.

* Extraídos pelo método de Egner-Riehm.

3.2. Ensaio de vasos

3.2.1. Altura, número de folhas e de caules da hortelã-pimenta

Apesar de se verificar um aumento da altura da hortelã-pimenta aproximadamente 250 após a plantação, para a média do conjunto dos tratamentos, as diferenças na altura das plantas só foram evidentes ($p < 0,05$) entre os dois tipos de solo (Fig. 3.1), já que os aumentos com o compostado (Fig. 3.2) e com o fertilizante utilizado na fertirrigação (Fig. 3.3) não foram significativos, nem se verificou qualquer interação (de primeira ou de segunda ordem) entre os 3 fatores.

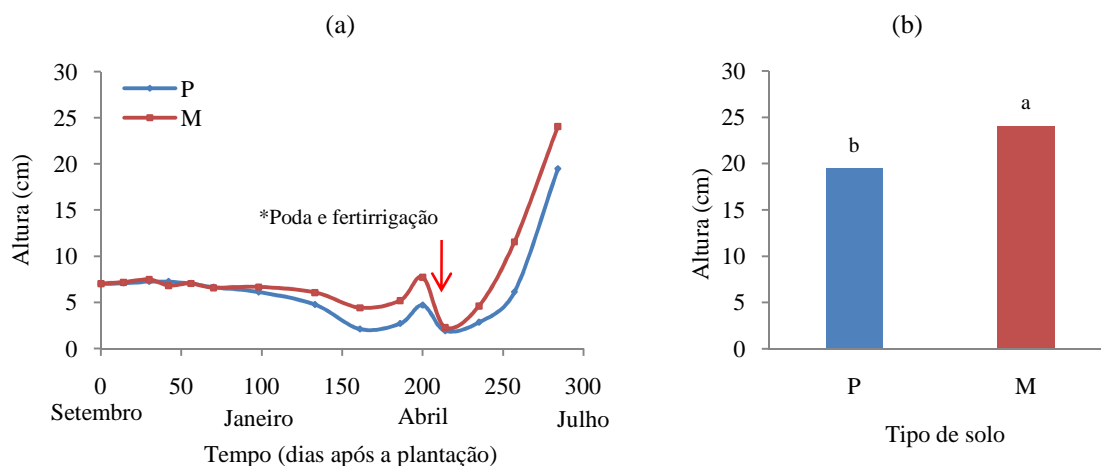


Figura 3.1- Altura (cm) da hortelã-pimenta: a) para o solo pobre (P) e para o solo com teor médio (M) em matéria orgânica, ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Letras diferentes por cima das barras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos respectivos solos. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

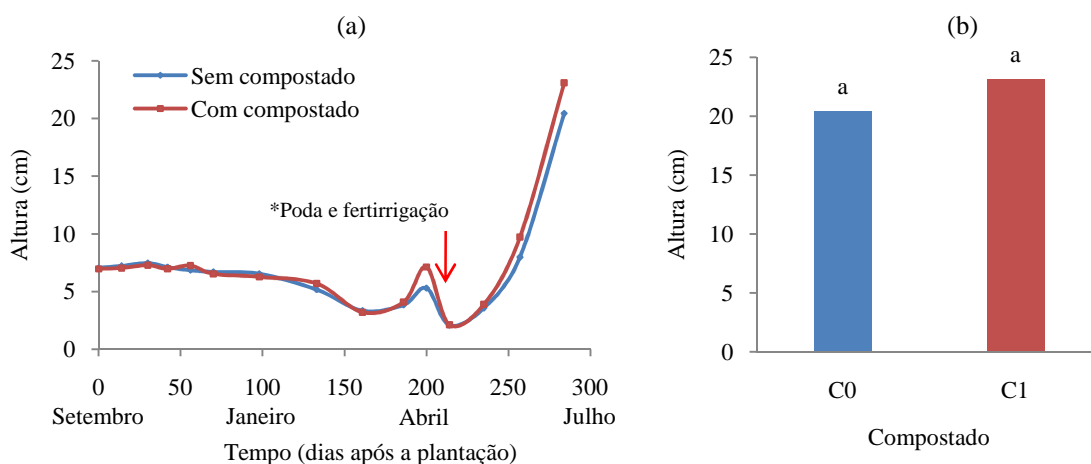


Figura 3.2- Altura (cm) da hortelã-pimenta: a) sem compostado (C0) e com a aplicação do compostado (C1), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Médias com letras iguais por cima das barras não diferem significativamente. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

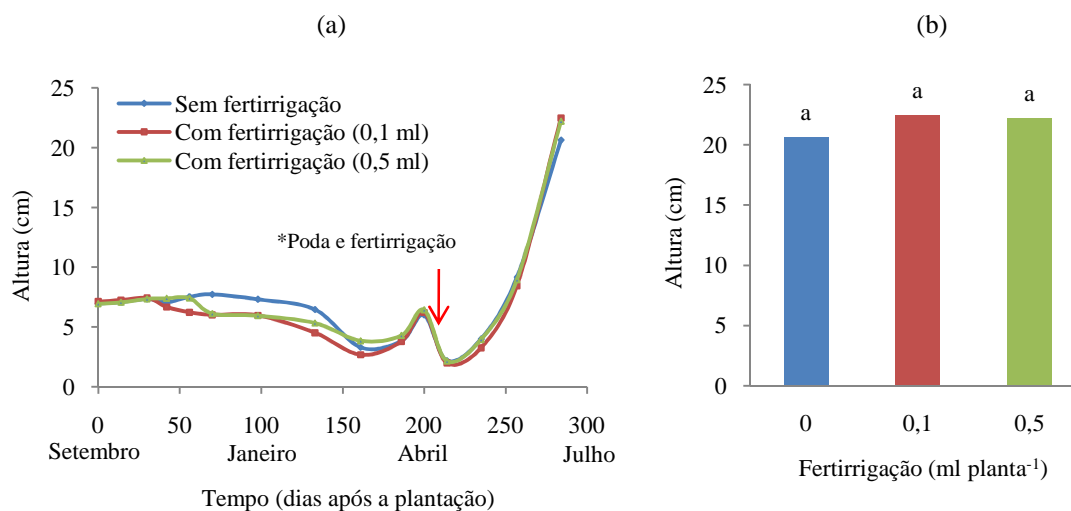


Figura 3.3- Altura (cm) da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Médias com letras iguais por cima das barras não diferem significativamente. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

Verificou-se um aumento do número de folhas da hortelã-pimenta aproximadamente 250 após a plantação, para a média do conjunto dos tratamentos. No entanto, essas diferenças

só foram evidentes ($p < 0,05$) entre os dois tipos de solo (Fig. 3.4), já que os aumentos com o compostado (Fig. 3.5) e com o fertilizante utilizado na fertirrigação (Fig. 3.6) não foram significativas. A tendência para o aumento no número de folhas das plantas, cultivadas no solo com um teor mais elevado de MO em comparação com o solo mais pobre, verificou-se, também durante todo o período anterior à poda da planta.

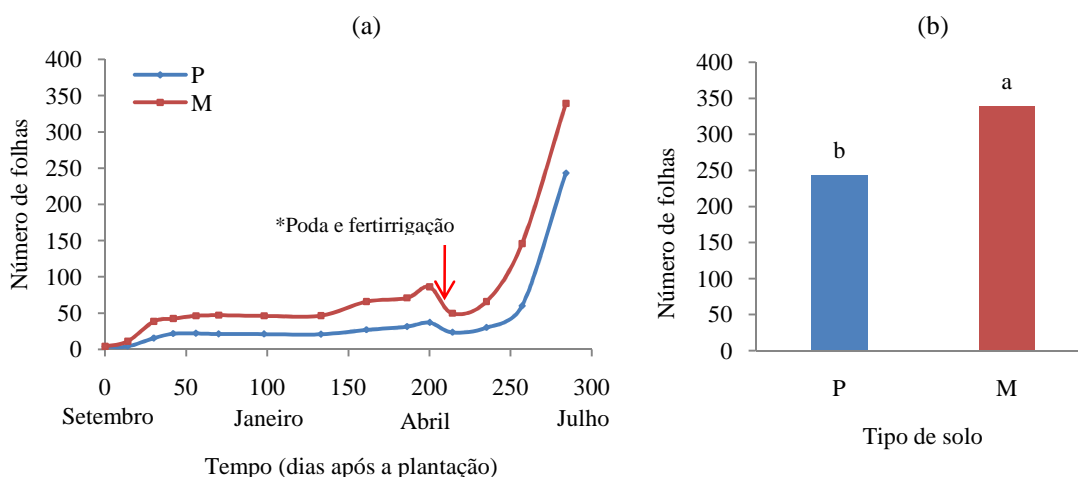


Figura 3.4 - Número de folhas da hortelã-pimenta: a) para o solo pobre (P) e para o solo com teor médio (M) em matéria orgânica, ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Letras diferentes por cima das barras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos respectivos solos. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

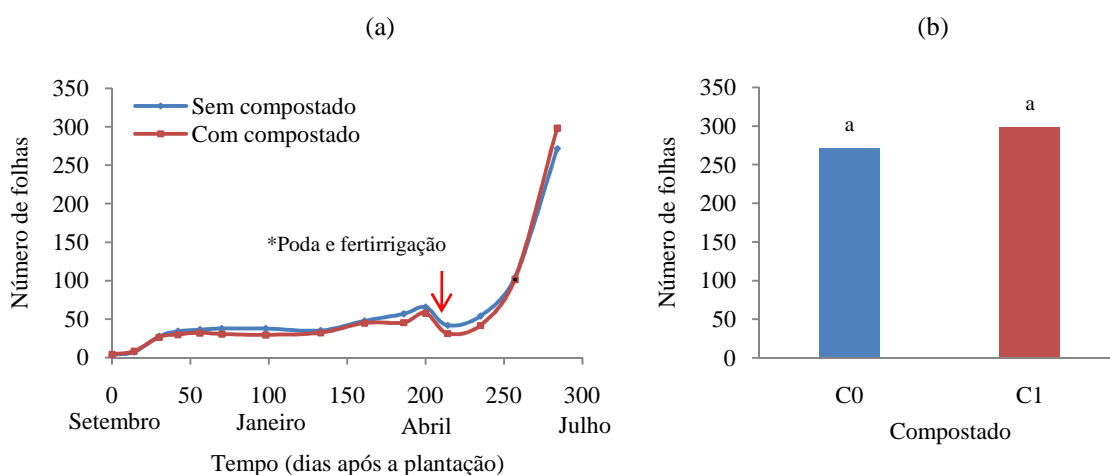


Figura 3.5- Número de folhas da hortelã-pimenta: a) sem compostado (C0) e com a aplicação do compostado (C1), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Médias com letras iguais por cima das barras não diferem significativamente. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

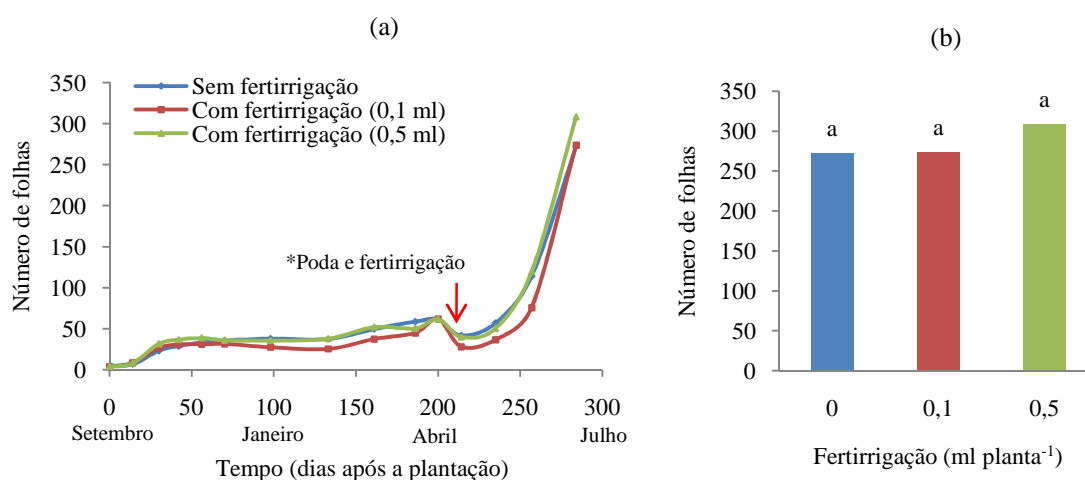
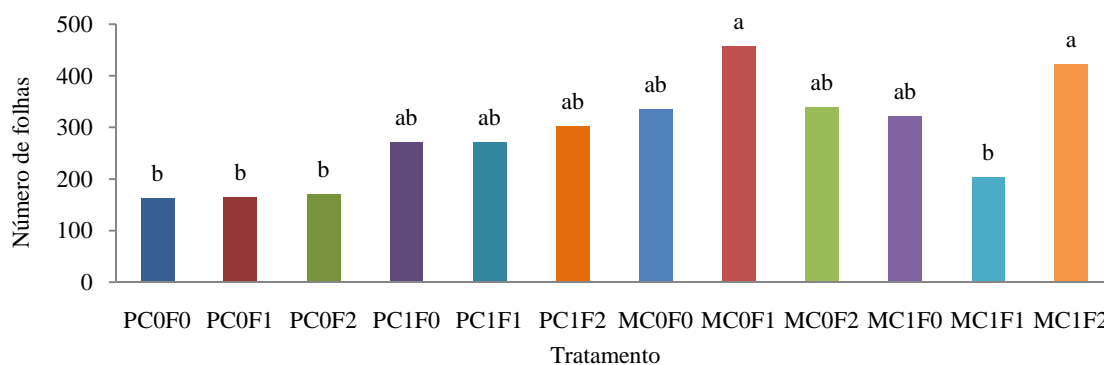


Figura 3.6- Número de folhas da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹), ao longo do tempo após a plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Médias com letras iguais por cima das barras não diferem significativamente. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

Para o conjunto dos tratamentos verificou-se, na data da colheita, um aumento do número de folhas da hortelã-pimenta com a aplicação da dose 0,5 ml de fertirrigação nos tratamentos com o solo P, com e sem aplicação do corretivo orgânico (PC0F2 e PC1F2), e no tratamento com o solo M apenas com a aplicação do corretivo orgânico (MC1F2) (Fig. 3.7). Quando não se aplicou o corretivo orgânico (C0), o aumento do número de folhas da hortelã-pimenta foi muito significativo ($p < 0,001$), nos tratamentos com solo M (MC0) em comparação com os tratamentos com solo P (PC0).

O número de folhas da hortelã-pimenta na data da colheita quase triplicou no tratamento MC0F1 (solo M, sem corretivo orgânico e aplicação da dose 0,1ml da fertirrigação), em comparação com o tratamento PC0F0 (solo P e a ausência da aplicação do corretivo orgânico e da fertirrigação).



P = solo pobre em MO; M = solo com teor médio de MO; C0 = sem compostado; C1 = com aplicação do compostado; F0 = sem fertirrigação; F1 = com fertirrigação na dose 0,1 ml; F2 = com fertirrigação na dose 0,5 ml.

Figura 3.7. Número de folhas da hortelã-pimenta na data da colheita.

Letras diferentes por cima das barras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos respectivos tratamentos.

À semelhança da altura e do número de folhas, apesar de se verificar um aumento do número de caules da hortelã-pimenta aproximadamente 250 após a plantação, para a média do conjunto dos tratamentos, essas diferenças só foram evidentes ($p < 0,05$) entre os dois tipos de solo (Fig. 3.8), já que os aumentos com o compostado (Fig. 3.9) e com o fertilizante utilizado na fertirrigação (Fig. 3.10) não foram significativos.

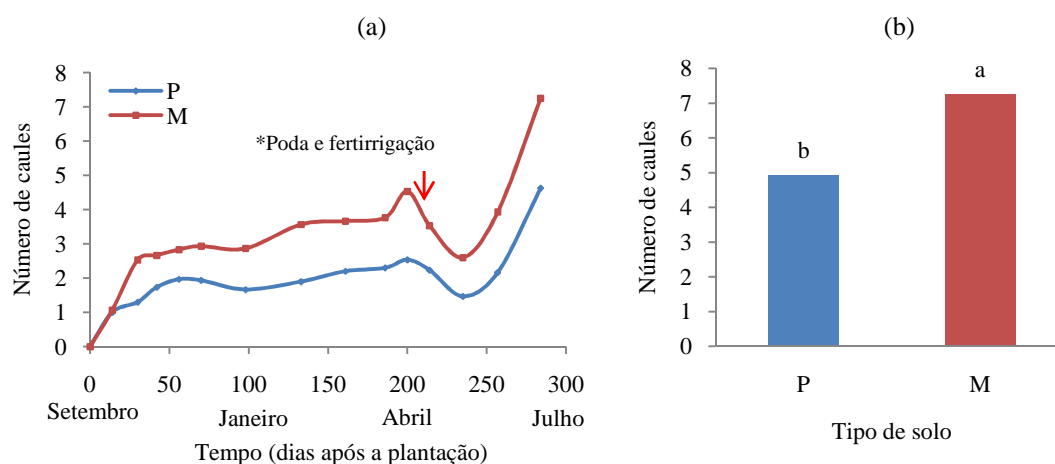


Figura 3.8- Número de caules da hortelã-pimenta: a) para o solo pobre (P) e para o solo com teor médio (M) em matéria orgânica, ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Letras diferentes por cima das barras representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos respectivos solos. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

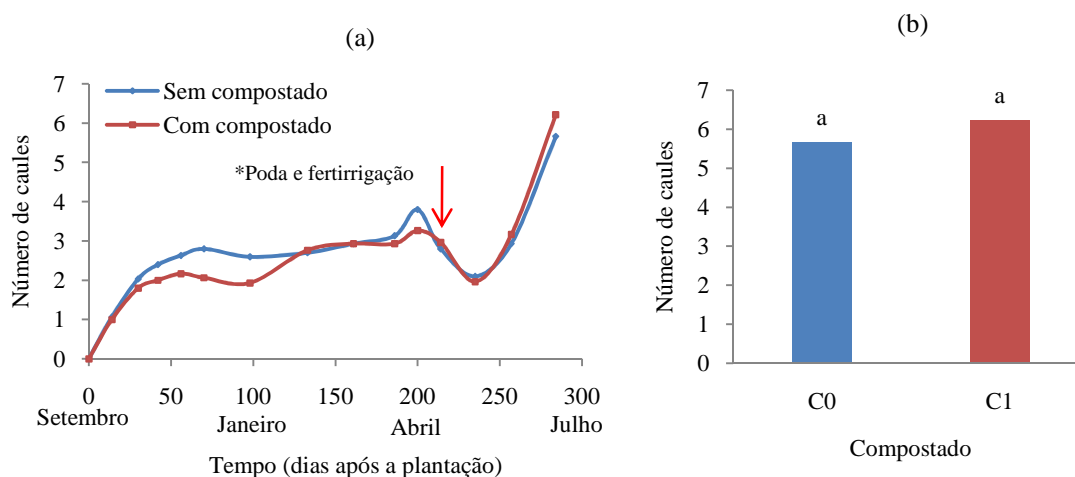


Figura 3.9- Número de caules da hortelã-pimenta: a) sem compostado (C0) e com a aplicação do compostado (C1), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Médias com letras iguais por cima das barras não diferem significativamente. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

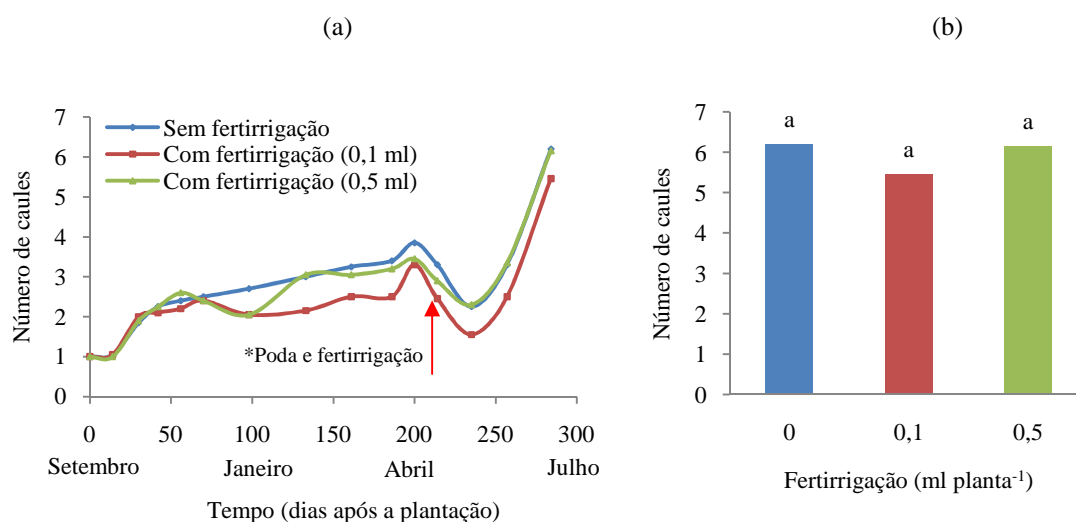


Figura 3.10- Número de caules da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Médias com letras iguais por cima das barras não diferem significativamente. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

Na figura 3.11 apresentam-se as equações de regressão que melhor se ajustam entre o número de folhas e a altura, o número de folhas e o número de caules e a altura com o número de caules. Verifica-se a existência de uma forte relação linear entre o número de

folhas e a altura das plantas. No entanto, a relação entre a altura, ou o número de folhas, e o número de caules já não foi sempre linear, verificando-se que acima de um determinado número de caules as plantas não cresceram mais em altura, e o número de caules deixou de ter uma relação linear com o número de folhas, isto é, uma planta com mais caules que outra não teve necessariamente mais folhas. A figura 3.11 revela, também, que é mais seguro estimar o número de folhas com base na altura das plantas do que com base no número de caules, porque a variação do número de folhas por caule é muito grande.

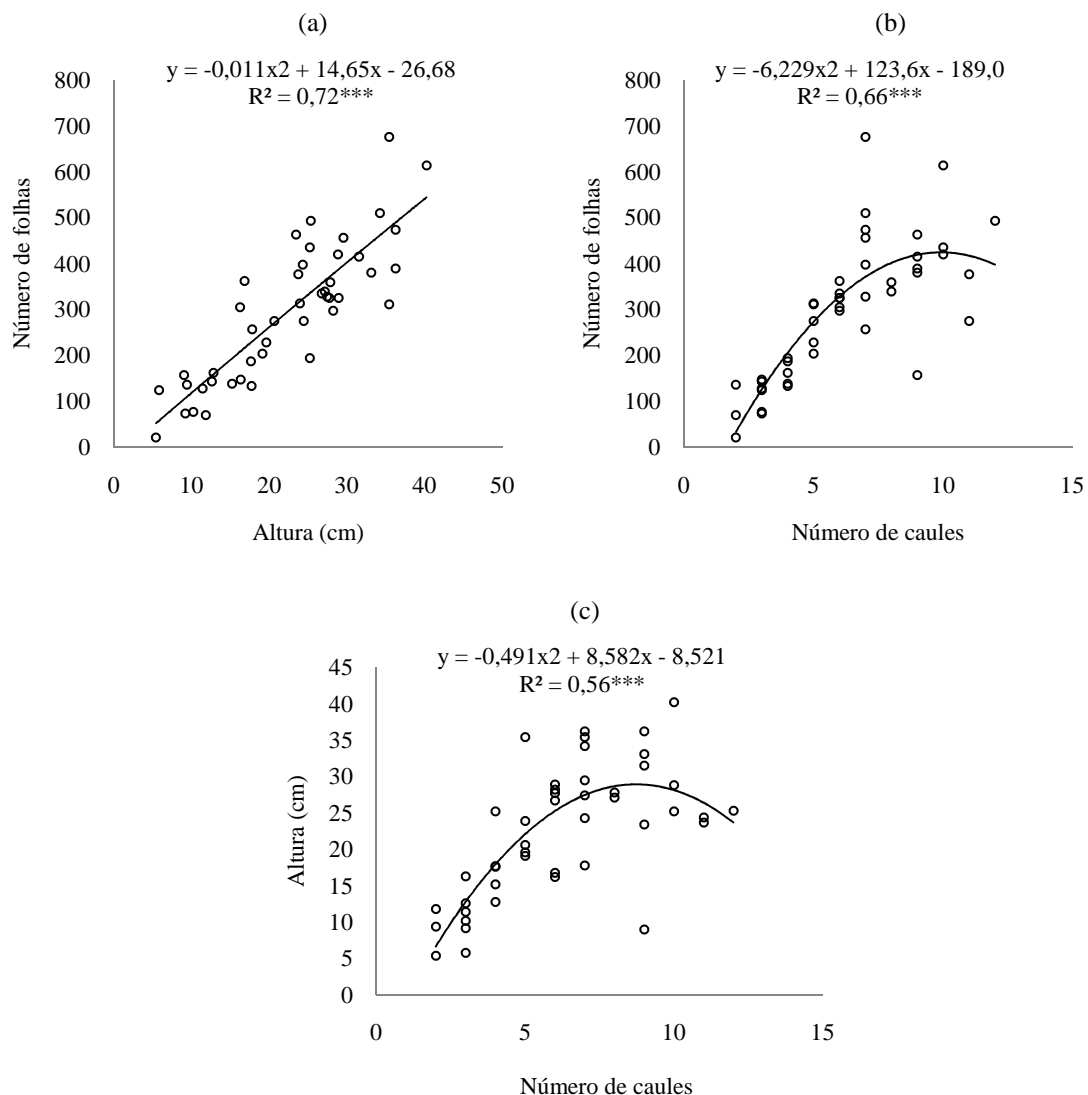


Figura 3.11- Relações entre o número de folhas, a altura (cm) e o número de caules da hortelã-pimenta. *** $P < 0,001$.

Quando se compararam os tratamentos, que não receberam qualquer fertilizante, com os tratamentos idênticos mas que também não receberam o enraizante, verificou-se que a altura das plantas (Fig. 3.12a) foi superior, mas não significativamente, nos tratamentos sem aplicação do enraizante em comparação com os tratamentos que receberam enraizante, verificando-se o mesmo no número de folhas (Fig.3.12b) para os tratamentos com solo pobre. No entanto, foi significativo o aumento no número de caules (Fig. 3.12c), no tratamento com o solo M e aplicação do enraizante em comparação com os tratamentos com solo pobre.

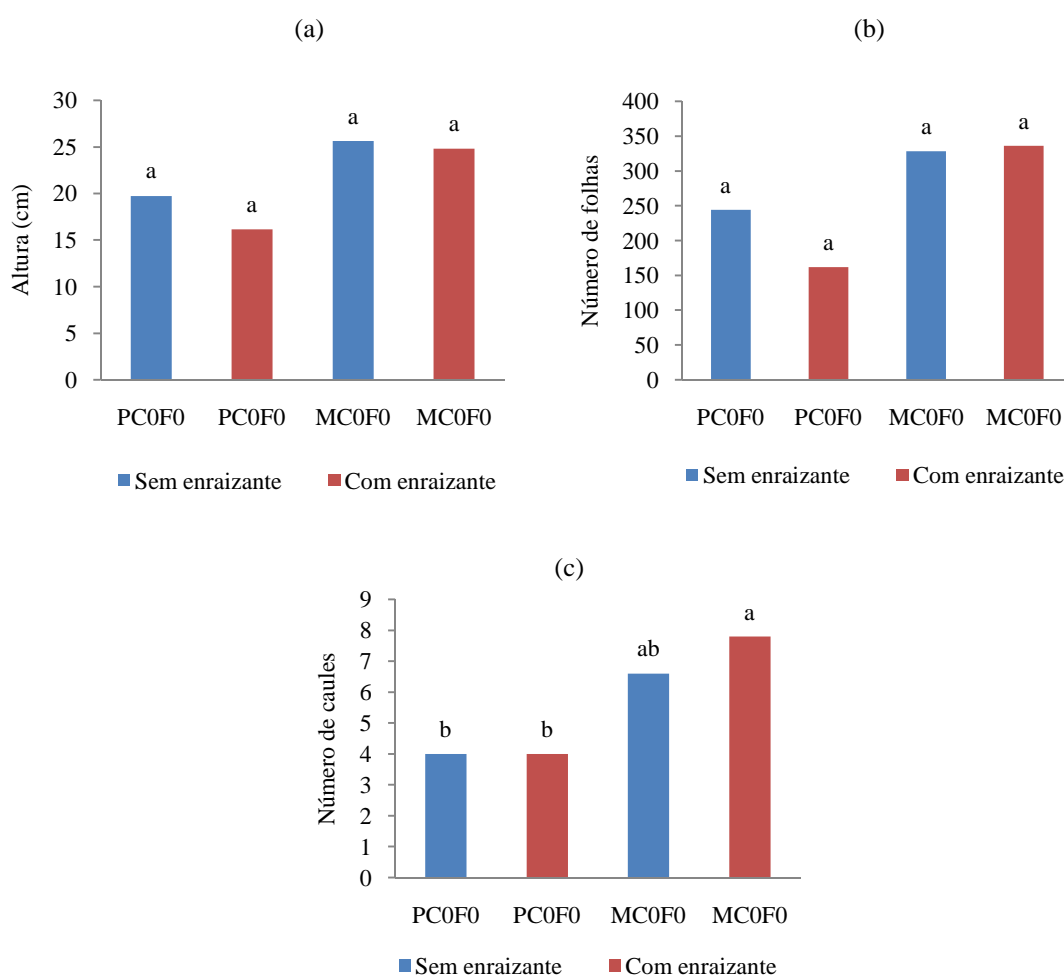


Figura 3.12– a) Altura, b) número de folhas e c) número de caules da hortelã-pimenta. Letras diferentes por cima das barras correspondem a diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias. P = solo pobre em MO; M = solo com teor médio de MO; C0 = sem compostado; F0 = sem fertirrigação.

3.2.2. Peso fresco e peso seco da hortelã-pimenta

O peso fresco (PF) da hortelã-pimenta aumentou com o solo M em comparação com o solo P, para o conjunto dos tratamentos de cada solo, mas esse aumento já não foi significativo com a aplicação do corretivo orgânico ou com a aplicação das doses crescentes de fertirrigação (Fig. 3.13).

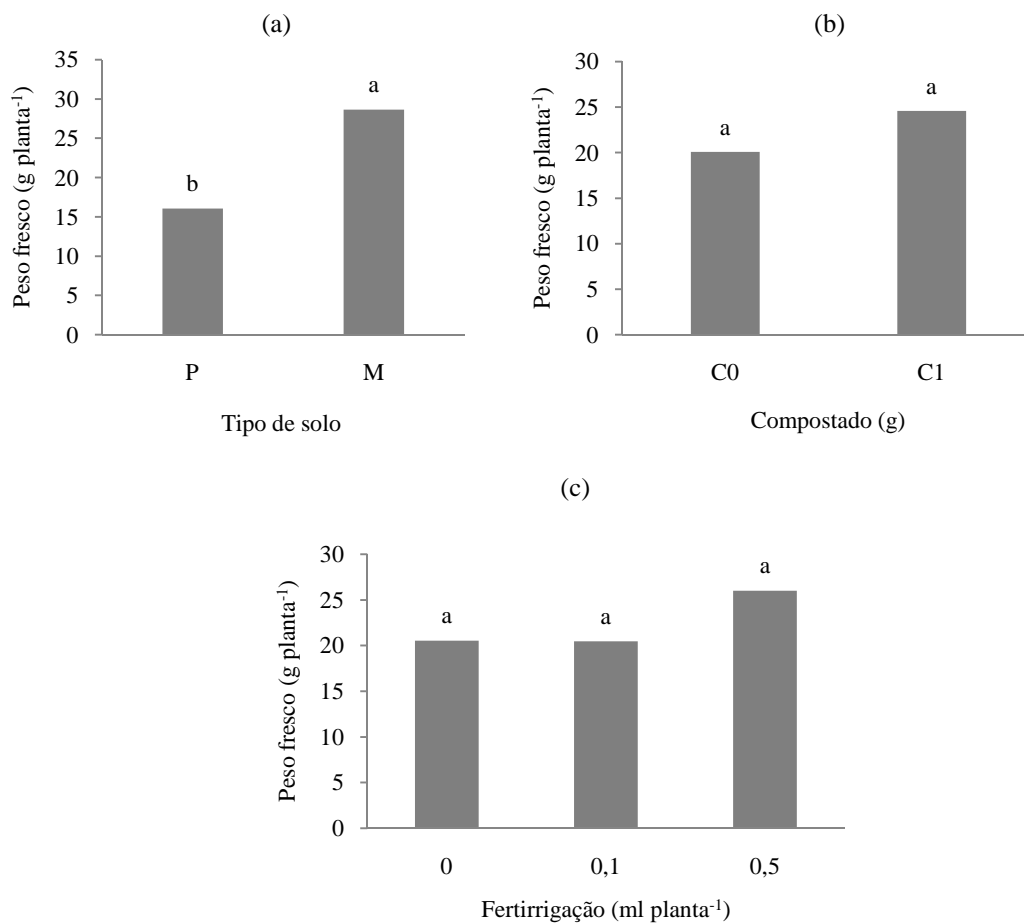


Figura 3.13– Peso fresco da hortelã-pimenta em função (a) do tipo de solo (b) do corretivo orgânico e da aplicação da fertirrigação.

Letras diferentes por cima das barras correspondem a diferenças significativas ($p < 0,05$) entre médias. P = solo pobre em MO; M = solo com teor médio de MO; C0 = sem compostado; C1 = com aplicação do compostado.

Tal como se verificou para o peso fresco (PF), o peso seco (PS) da hortelã-pimenta também aumentou significativamente apenas com o solo M em comparação com o solo P,

já que o teor de humidade (aproximadamente 75%) da hortelã-pimenta não variou significativamente com o tipo de solo, com a aplicação do corretivo orgânico ou com a aplicação das doses crescentes de fertirrigação (Fig. 3.14).

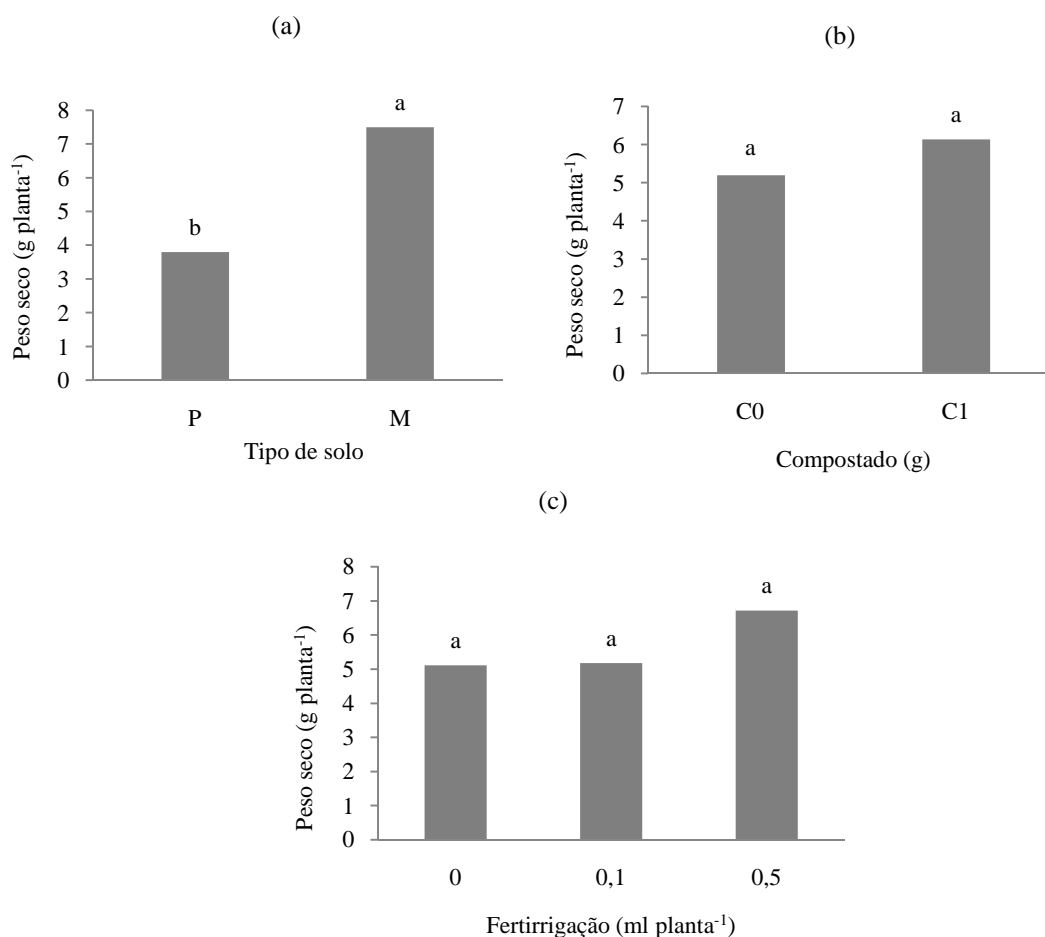


Figura 3.14- Peso seco da hortelã-pimenta em função (a) do tipo de solo (b) do corretivo orgânico e da aplicação da fertirrigação.

Letras diferentes por cima das barras correspondem a diferenças significativas ($p < 0,05$) entre médias. P = solo pobre em MO; M = solo com teor médio de MO; C0 = sem compostado; C1 = com aplicação do compostado.

Na data da colheita verificou-se um aumento significativo ($p < 0,05$) do peso fresco e do peso seco da hortelã-pimenta para o tratamento sem enraizante com solo de teor médio de MO em comparação com os tratamentos com solo de baixo teor de MO com e sem enraizante (Fig. 3.15). No entanto, no solo com teor médio de MO não se verificou qualquer diferença significativa entre o peso das plantas com ou sem enraizante.

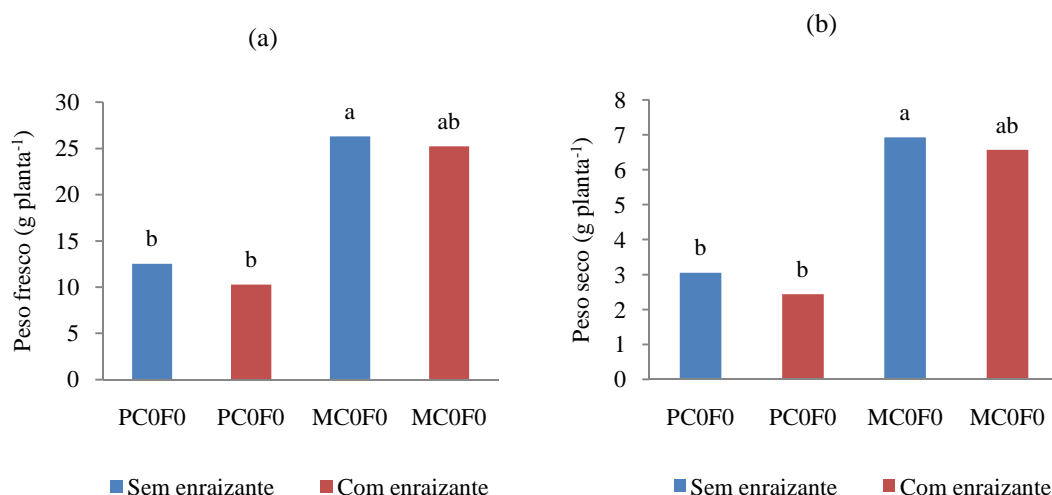


Figura 3.15- a) Peso fresco e b) Peso seco da hortelã-pimenta.

Letras diferentes por cima das barras correspondem a diferenças significativas ($p < 0,05$) entre médias. P = solo pobre em MO; M = solo com teor médio de MO; C0 = sem composto; F0 = sem fertirrigação.

3.2.3. Teor de nutrientes na hortelã-pimenta

Para o conjunto de tratamentos da hortelã-pimenta, os teores de nutrientes não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os diferentes níveis de cada fator (Fig. 3.16).

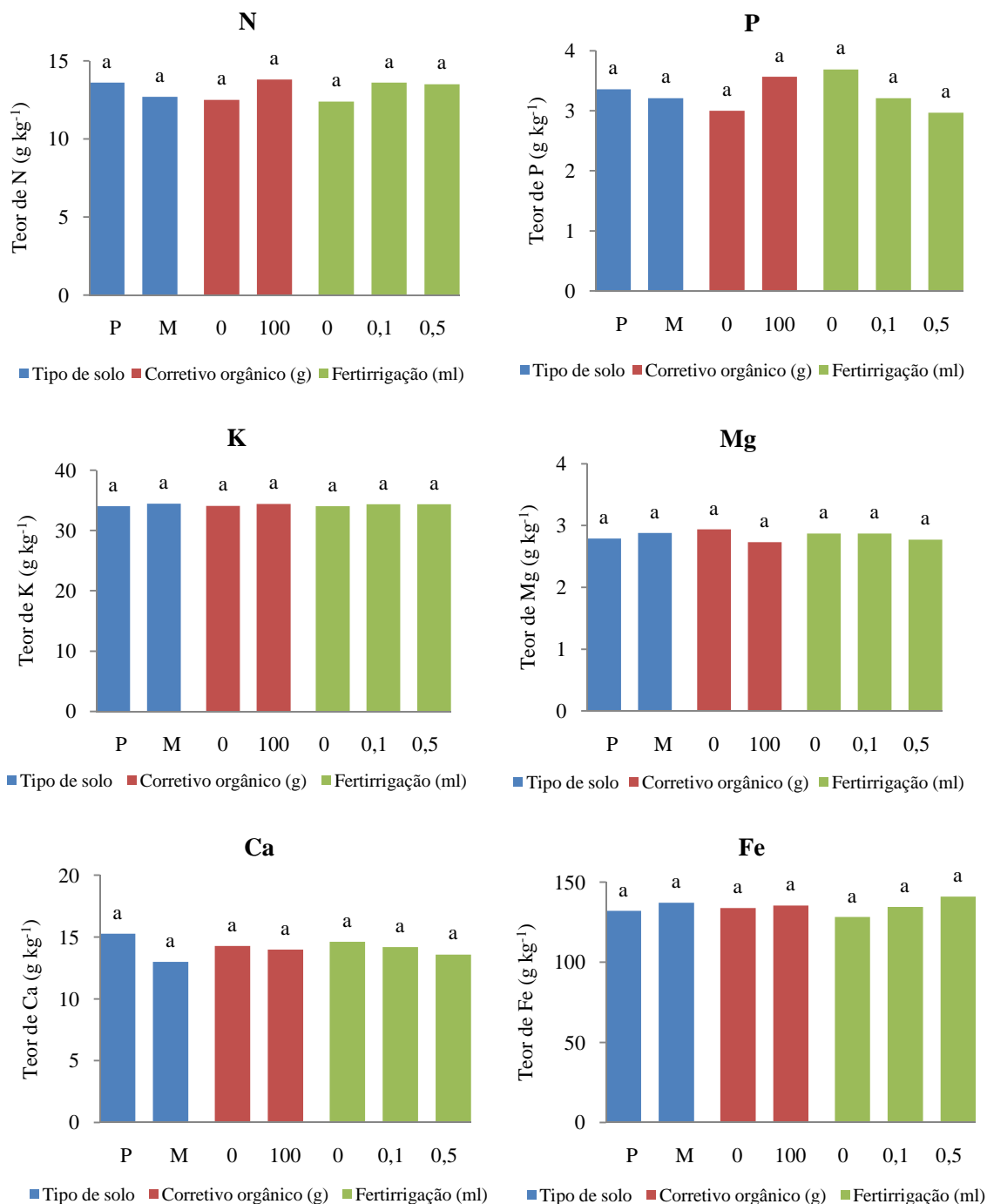


Figura 3.16- Teor de nutrientes na hortelã-pimenta, 284 dias após plantação, em resposta ao tipo de solo (solo P e solo M), à aplicação do correctivo orgânico (0 e 100 g planta⁻¹) e à aplicação da fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹).

Médias com letras iguais por cima das barras não diferem significativamente.

Os teores de nutrientes da hortelã-pimenta também não foram significativamente diferentes com e sem aplicação de enraizante em qualquer dos solos ou entre solos (Fig. 3.17).

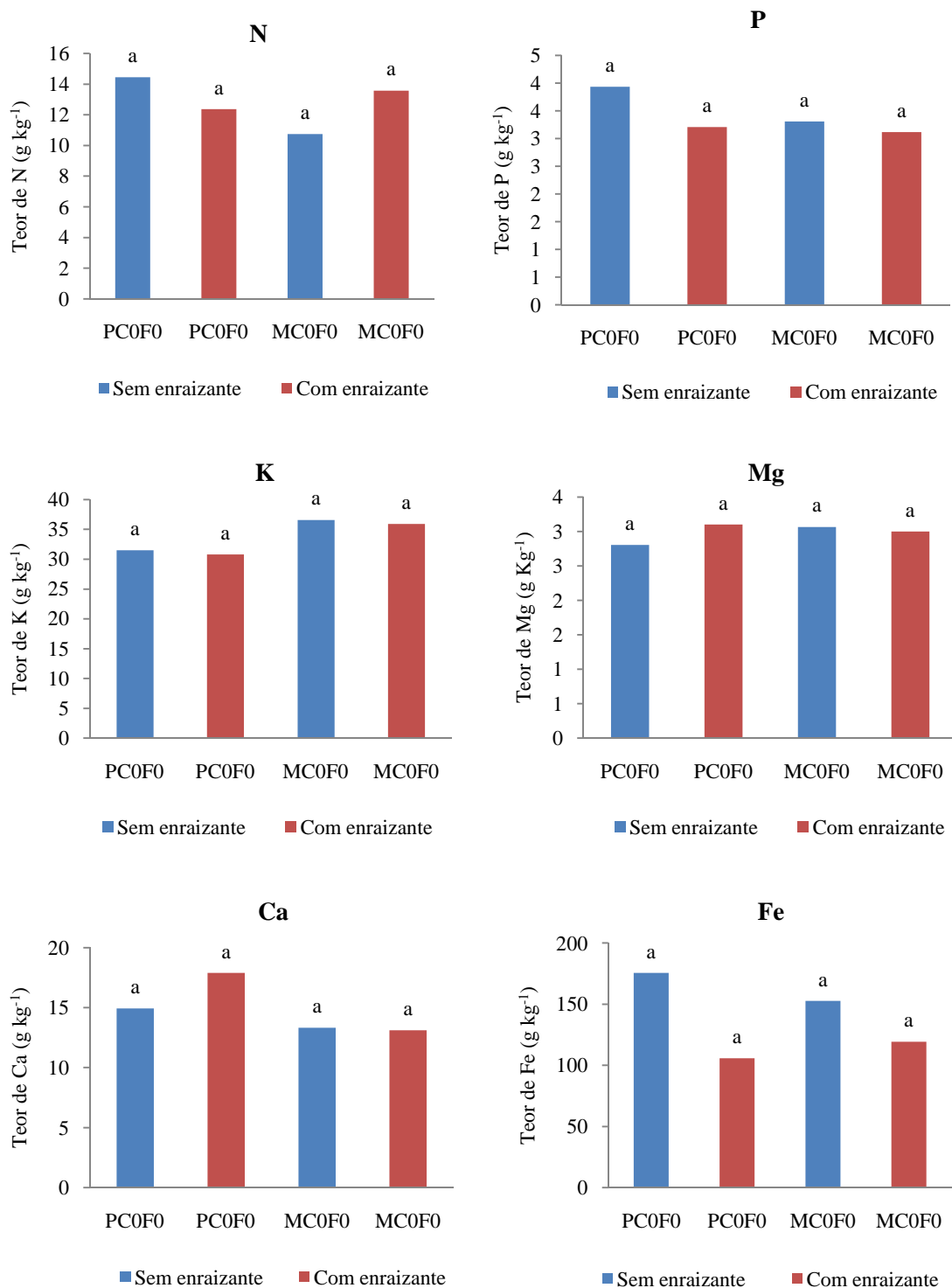


Figura 3.17- Teor de nutrientes na hortelã-pimenta, 284 dias após plantação, para os tratamentos sem enraizante para os dois tipos de solos e para os tratamentos com enraizante e sem fertilizantes para os dois tipos de solo. Médias com letras iguais por cima das barras não diferem significativamente.

3.3. Ensaio de campo

3.3.1. Altura, número de folhas e número de caules na hortelã-pimenta

No dia 207 (após plantação) foi aplicada a fertirrega nas doses 0, 0,1 e 0,5 ml por cada planta. Aproximadamente seis semanas depois verificou-se um crescimento muito acentuado da hortelã-pimenta tendo a altura, o número de folhas e de caules, aumentado rapidamente (Fig. 3.18, 3.19 e 3.20). Na data da colheita, apesar de se verificar um aumento da altura, do número de folhas e do número de caules da hortelã-pimenta com a aplicação da fertirrigação, essas diferenças não foram significativas.

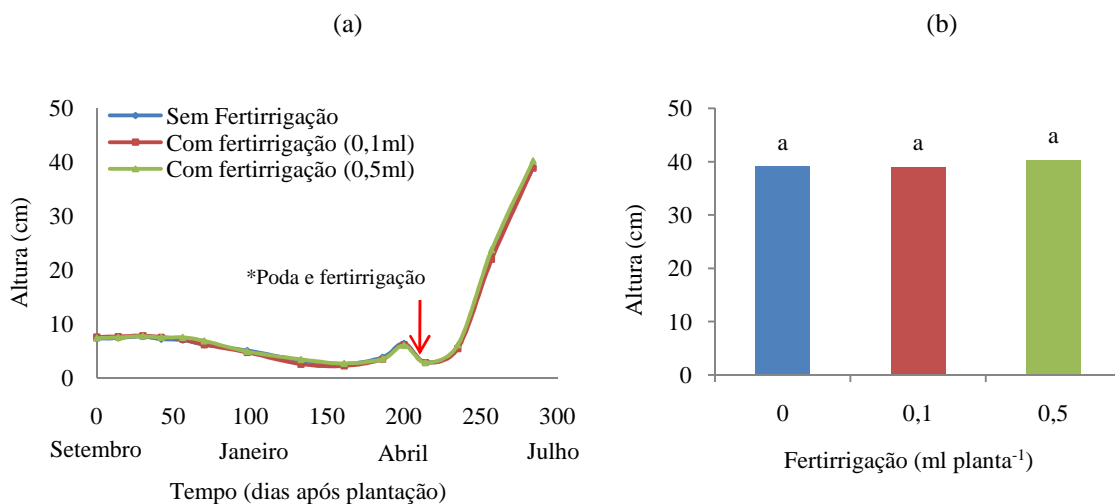


Figura 3.18- Altura (cm) da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Letras iguais por cima das barras representam a inexistência de diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos respectivos níveis de fertirrigação. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

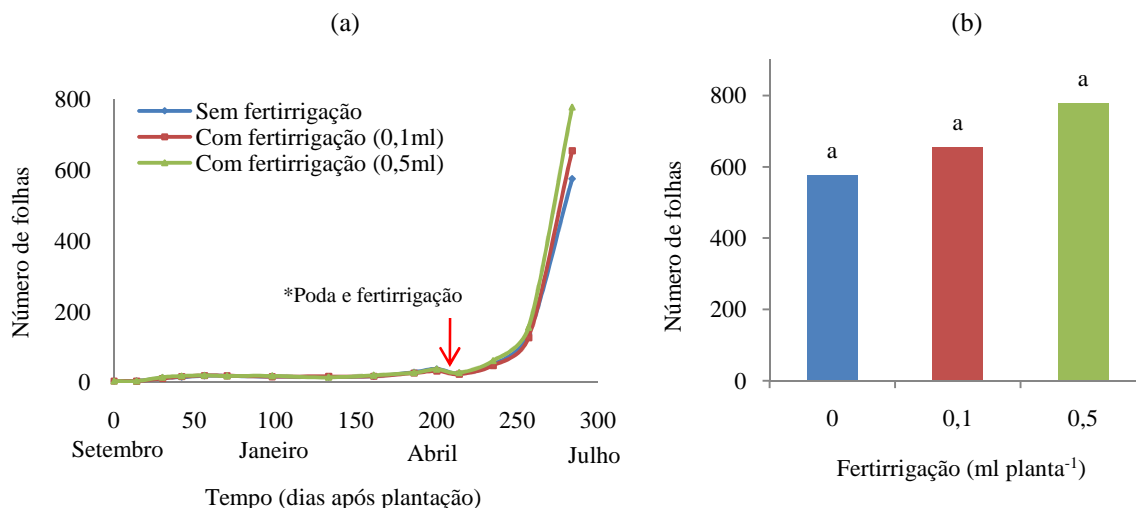


Figura 3.19- Número de folhas da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Letras iguais por cima das barras representam a inexistência de diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos respectivos níveis de fertirrigação. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

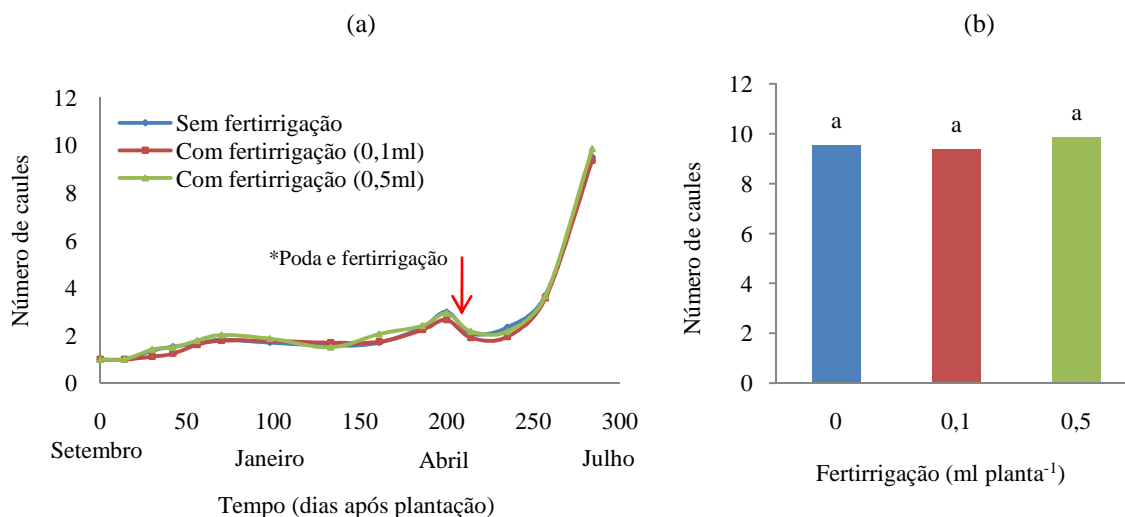


Figura 3.20- Número de caules da hortelã-pimenta: a) para as doses crescentes de fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta⁻¹), ao longo do tempo após plantação; e b) com detalhe para a data da colheita.

Letras iguais por cima das barras representam a inexistência de diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos respectivos níveis de fertirrigação. *A fertirrigação efetuou-se 1 semana após a poda.

Na figura 3.21 apresentam-se as equações de regressão que melhor se ajustam entre o número de folhas e a altura, o número de folhas e o número de caules e a altura e o número de caules. Verifica-se a existência de uma forte relação linear entre o número de folhas e o

número de caules. Ao contrário do que se verificou na hortelã-pimenta produzida nos vasos, aqui verifica-se que é mais seguro estimar o número de folhas com base no número de caules das plantas do que com base na altura, porque a variação do número de folhas com a altura foi superior à que se verificou para o número de caules.

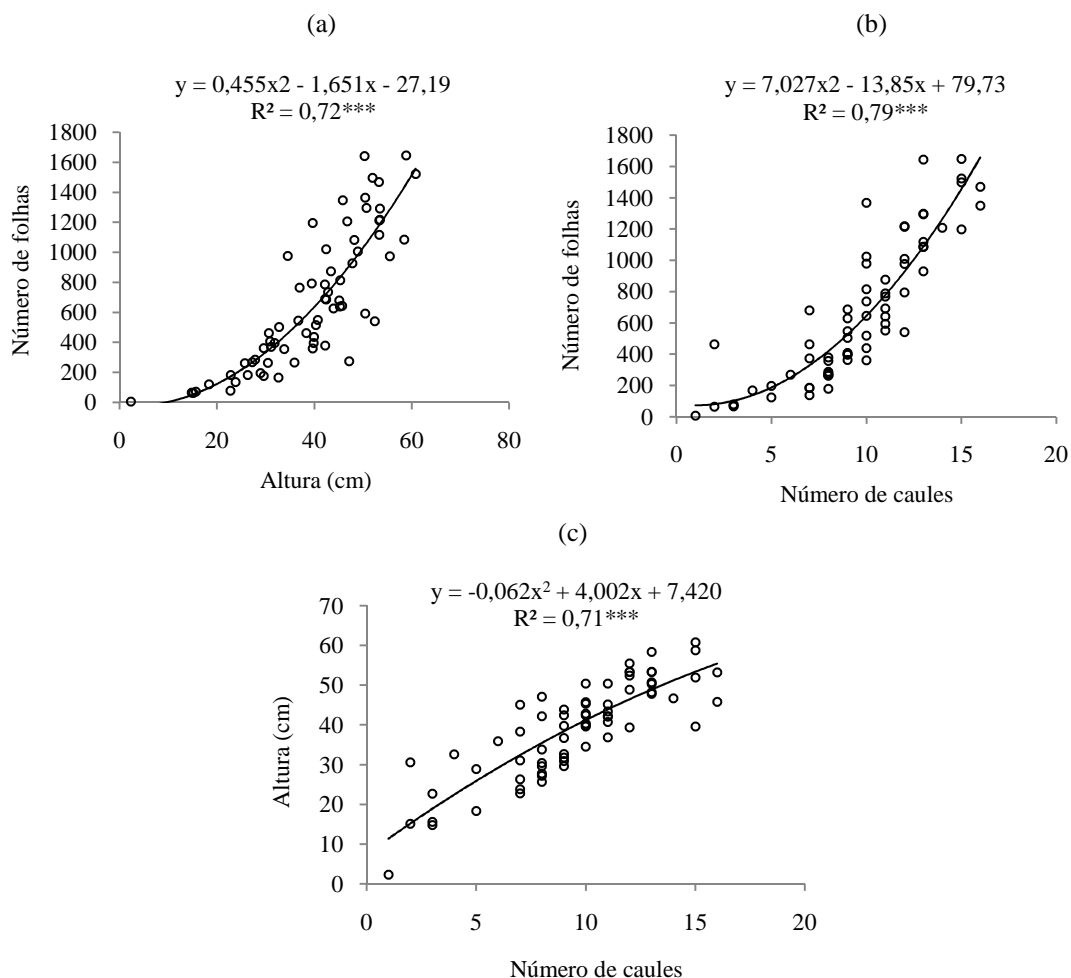


Figura 3.21- Relações entre o número de folhas, a altura (cm) e o número de caules da hortelã-pimenta. *** $P < 0,001$.

3.3.2. Peso fresco e peso seco da hortelã-pimenta

Apesar de com as doses crescentes de fertirrigação se verificar um aumento crescente do peso fresco (em cerca de 15,6% para a dose de $0,5 \text{ ml planta}^{-1}$) e do peso seco (em cerca de

18,3% para a dose de 0,5 ml planta⁻¹), este aumento da produção não foi significativo (Fig. 3.22).

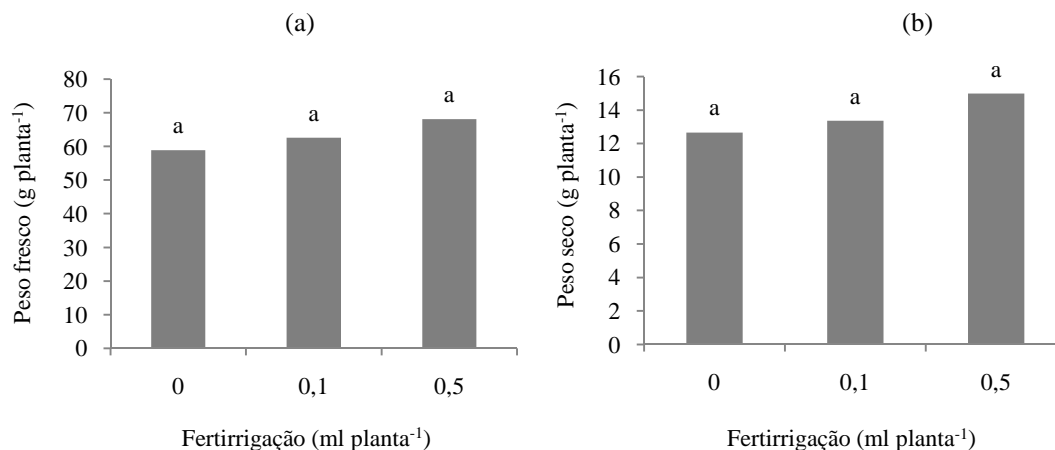


Figura 3.22- a) Peso fresco da hortelã-pimenta em função da aplicação de fertirrigação e b) peso seco da hortelã-pimenta em função de fertirrigação. Médias com letras iguais por cima das barras não diferem significativamente.

Na figura 3.23 apresentam-se as equações de regressão que melhor se ajustam entre o peso fresco e a altura, o peso fresco e o número de folhas e o peso fresco e o número de caules. Verifica-se a existência de uma forte relação linear entre o peso fresco da hortelã-pimenta e o número de folhas, revelando as equações que é mais seguro estimar o peso fresco com base no número de folhas do que com base na altura ou no número de caules. O mesmo se verificou para o peso seco (resultados não apresentados), em consequência do teor de matéria seca da hortelã-pimenta ter permanecido aproximadamente constante em todos os tratamentos.

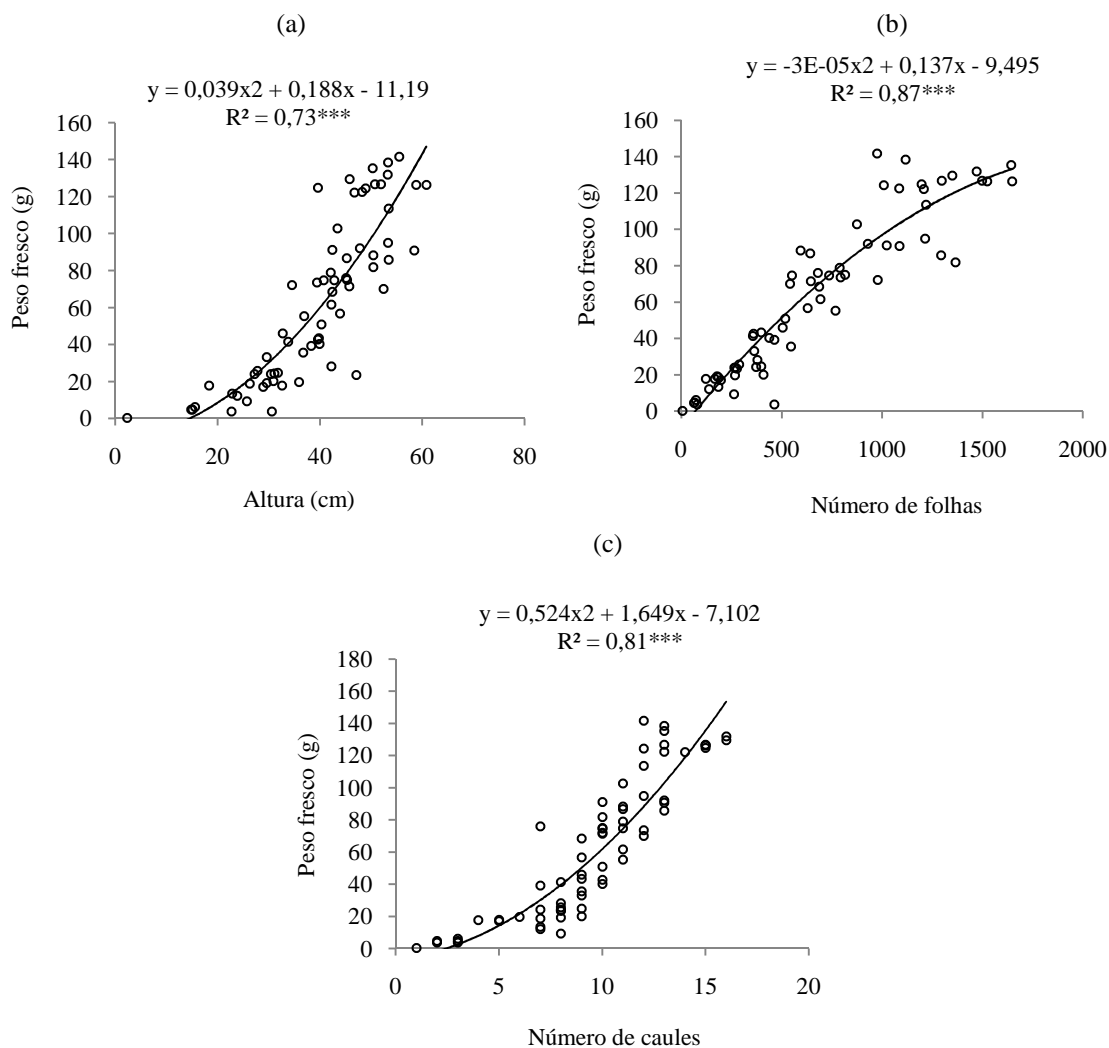


Figura 3.23– Relações entre o peso fresco e a) altura (cm), b) número de folhas e c) número de caules da hortelã-pimenta. *** $P < 0,001$.

3.3.3. Teor de nutrientes da hortelã-pimenta

Para o conjunto de tratamentos da hortelã-pimenta, os teores de nutrientes não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os diferentes níveis de fertirrigação (Fig. 3.25). Por este motivo, a acumulação de nutrientes pelas plantas dependeu quase exclusivamente do seu crescimento (acumulação de matéria seca), e não de variações no teor dos nutrientes na matéria seca.

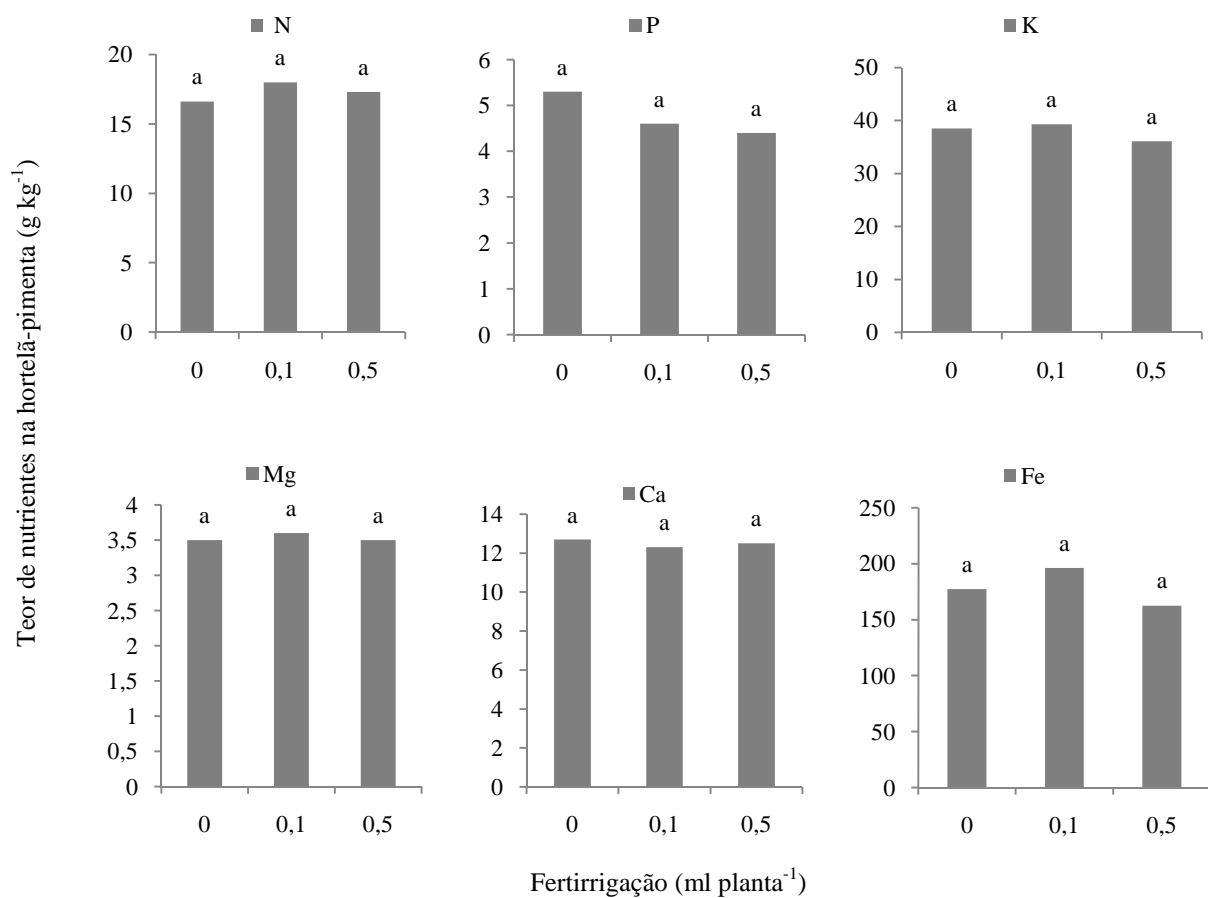


Figura 3.24- Teor de nutrientes na hortelã-pimenta, 284 dias após plantação, em resposta à aplicação da fertirrigação (0, 0,1 e 0,5 ml planta^{-1}). Médias com letras iguais por cima das barras não diferem significativamente.

4. DISCUSSÃO

4.1. Ensaio de vasos

As características dos solos utilizados no ensaio de vasos, com teor médio de MO (solo M) e com baixo teor de MO (solo P), revelaram-se determinantes para explicar as diferenças de produção da hortelã-pimenta.

O solo M apresentava reação neutra (pH 7,0) com um valor de pH dentro do intervalo de valores de pH recomendados para esta cultura (DAIS, 2009), enquanto o solo P apresentava reação ácida (pH 5,0), com um valor de pH ligeiramente inferior ao valor mínimo (pH 5,5) recomendado para esta cultura. Por esta razão, é provável que a disponibilidade de macronutrientes do solo P fosse prejudicada pela reação ácida deste solo, e consequentemente, também fosse prejudicada a acumulação de matéria seca e a produtividade da cultura produzida no mesmo, em comparação com a cultura produzida no solo que tinha um teor de MO mais elevado e uma reação do solo mais favorável.

Verificou-se, também, que a disponibilidade de P e K era muito superior no solo M em comparação com o solo P. A maior disponibilidade de P e K, a melhor reação do solo, e principalmente o teor mais elevado de MO do solo, que contribui para que o teor de N também seja mais elevado, poderão explicar o fato da hortelã-pimenta ter apresentado um crescimento superior nos tratamentos com o solo M em comparação com os tratamentos com o solo P.

No ensaio de vasos, apesar de se verificar um aumento da altura, do número de folhas e do número de caules da hortelã-pimenta aproximadamente 250 dias após a plantação, para a média do conjunto dos tratamentos, esses aumentos nas plantas só foram evidentes ($p < 0,05$) entre os dois tipos de solo (solo P e solo M), uma vez que os aumentos com o composto e com o fertilizante utilizado na fertirrigação não foram significativos. Apesar da importância das práticas de fertilização no aumento da produção e na gestão do N do solo no MPB, nesta experiência o solo com teor médio de MO veio a revelar-se como sendo o mais importante para a produção da hortelã-pimenta, reforçando o que é frequentemente referido por outros autores (DAIS, 2009; Cunha *et al.*, 2013) sobre a necessidade de um solo rico em matéria orgânica para a produção desta cultura. Isto, é ainda mais crucial no MPB, porque a MO do solo é uma fonte de N mineral, o qual, não

pode ser usada na forma de adubos neste modo de produção. Estes resultados reforçam, também, os princípios do MPB, que colocam grande ênfase na necessidade de elevar o teor de MO do solo, para se obterem culturas com uma elevada produtividade.

Para os restantes tratamentos, na data da colheita, contrariamente ao que seria de se esperar de acordo com outros autores (Singh *et al.*, 1989; Court *et al.*, 1993; Pollack, 1995; Mitchell e Farris, 1996; David *et al.*, 2007; DAIS, 2009) não se verificaram aumentos significativos do número de folhas da hortelã-pimenta com o aumento da fertilização, nomeadamente com a aplicação das doses crescentes de fertirrigação, 0,1 ml planta⁻¹ (dose recomendada) e 0,5 ml planta⁻¹ (dose mais elevada). As doses de fertirrigação aplicadas poderão não ter contribuído para um aumento significativo de produção possivelmente devido ao curto período entre a aplicação da fertirrigação e a colheita da hortelã-pimenta, não permitindo assim, que as plantas tivessem beneficiado plenamente dos nutrientes fornecidos pelo fertilizante.

Relativamente ao peso fresco e ao peso seco da hortelã-pimenta, apesar de se verificarem aumentos crescentes aparentes de peso da hortelã-pimenta com a aplicação dos fertilizantes, os mesmos não se revelaram significativos, nem com a aplicação do corretivo orgânico, nem das doses crescentes de fertirrigação, apesar de tal ser esperado, de acordo com a bibliografia (Singh *et al.*, 1989; Court *et al.*, 1993; Mitchell e Farris, 1996) que refere que a produção de hortelã-pimenta é influenciada pelo aumento da fertilização. No entanto, apesar de não existirem diferenças significativas no peso fresco e no peso seco da hortelã-pimenta entre os diferentes níveis de aplicação destes dois fatores, verificou-se que o efeito do solo foi significativo. A hortelã-pimenta apresentou um aumento significativo de produção (aproximadamente o dobro da produção) nos tratamentos com o solo M (com teor médio em MO) em comparação com os tratamentos com o solo P (baixo teor em MO).

Para o conjunto de tratamentos do mesmo fator ensaiado, os teores de nutrientes nas plantas não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os diferentes níveis do fator. No entanto, verificou-se um aumento aparente nos teores de K, Mg e Fe da hortelã-pimenta nos tratamentos com o solo M em comparação com os tratamentos com o solo P e um aumento dos teores de N, P, K e Fe nos tratamentos com a aplicação do corretivo orgânico em comparação com os tratamentos com ausência da aplicação do corretivo orgânico. Verificou-se que o aumento na disponibilidade de nutrientes, nomeadamente do

solo M em comparação com o solo P, permitiu um aumento da produção de matéria seca, sem nutrição de luxo, já que o teor de nutrientes por unidade de peso seco não variou significativamente. Este fato poderá sugerir, que o teor de nutrientes não seria muito elevado, e que o aumento de nutrientes (designadamente de N e P) foi utilizado para produzir nova matéria seca e não para produzir matéria seca com teores mais elevados de nutrientes. Se os nutrientes disponíveis existissem em grandes quantidades, poderiam ter contribuído não só para aumentar a produção, mas também, para aumentar a concentração de nutrientes na planta, eventualmente, para além do necessário para manter a planta saudável, porque as plantas podem consumir N para além das suas necessidades para crescimento (consumo de luxo).

Quando se compararam os tratamentos que não receberam qualquer fertilizante, com os tratamentos idênticos mas que também não receberam o enraizante, verificou-se que a altura das plantas foi superior, mas não significativamente, nos tratamentos sem aplicação do enraizante em comparação com os tratamentos que receberam enraizante, verificando-se o mesmo no número de folhas para os tratamentos com solo pobre. Considerando que o mesmo aconteceu para o peso fresco e para o peso seco das plantas, verificando-se inclusive um aumento significativo ($p < 0,05$) do peso fresco e do peso seco da hortelã-pimenta com o tratamento sem enraizante com o solo M em comparação com os tratamentos com o solo P (apesar do mesmo não ser verdadeiro entre o solo M sem enraizante e os tratamentos do solo P) concluiu-se que a ação do enraizante não justificou a sua utilização, confirmando-se que o aumento de produção resultou apenas do teor de MO do solo e não da aplicação do enraizante, ao contrário do que é sugerido por outros autores (Roselem *et al.*, 1999; Vieira e Santos, 2005). Relativamente aos teores de nutrientes não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos que não receberam qualquer fertilizante, com os tratamentos idênticos mas que também não receberam o enraizante.

4.2. Ensaio de campo

No ensaio de campo verificou-se um crescimento muito acentuado aproximadamente 250 dias após a plantação, quer na altura, no número de folhas e no número de caules, quer

consequentemente no peso fresco e no peso seco das plantas. Este aumento poderá ser justificável pelas melhores condições climáticas sentidas depois desta data, com dias com temperaturas elevadas (que permitem o aumento da atividade enzimática, desde logo da que se associa ao processos de fotossíntese, de translocação dos fotoassimilados e do metabolismo de síntese de proteínas) e com maiores períodos diários de radiação visível (fotossinteticamente ativa) que permite estender a atividade fotossintética e consequentemente de produção de matéria seca. Nestas condições, a produção de matéria seca da planta aumenta rapidamente (Clark e Menary, 1980; Hart *et al.*, 2010).

O crescimento da hortelã-pimenta no solo com teor médio de MO, em que decorreu este ensaio, previsivelmente, seria também superior ao que se verificaria no solo pobre porque, para além do solo M proporcionar mais nutrientes do que o solo P, quando as condições ambientais melhoram (e consequentemente, também a atividade microbiana do solo que contribui para a mineralização da MO e a libertação de nutrientes minerais), também proporciona mais nutrientes, no período que decorre antes da poda, permitindo uma maior acumulação de nutrientes nos caules e nas raízes que permanecem após a poda, e que são utilizados para novo crescimento. Deste modo, verifica-se a importância das plantas no outono-inverno acumularem reservas, que serão fundamentais para que depois, na primavera, o crescimento possa ser rápido, e assim se alcancem elevadas produções. Como referido por diversos produtores de hortelã-pimenta (Azeredo, N., comunic. pessoal, maio 2015; Martins, G.C., comunic. pessoal, Abril 2015; Reis, D.H.C., comunic. pessoal, março 2015) verificou-se que a poda nas plantas no início da primavera é uma das operações importantes na manutenção da cultura, pois além de estimular o desenvolvimento de novas folhas, aumentando a produtividade da cultura.

Na data da colheita, apesar de se verificar um aumento da altura, do número de folhas e do número de caules da hortelã-pimenta com a aplicação da fertirrigação nas doses 0, 0,1 e 0,5 ml por cada planta, essas diferenças não se revelaram significativas, tal como seria de esperar de acordo com outros autores (Singh *et al.*, 1989; Court *et al.*, 1993; Mitchell e Farris, 1996) que sugeriram que a produtividade da hortelã-pimenta é influenciada pelo aumento da adubação.

Verificou-se a existência de uma forte relação linear entre o número de folhas e o número de caules, contrariamente ao observado no ensaio de vasos. No campo será mais seguro

estimar o número de folhas com base no número de caules das plantas do que com base na altura (como aconteceu no ensaio de vasos), porque a variabilidade do número de folhas com a altura foi superior à que se verificou para o número de caules. Este fato poderá explicar-se pela limitação imposta pelo volume de terra no ensaio de vasos. Nos vasos, a planta tinha à sua disposição um volume de solo muito inferior ao que possuía no campo, pelo que o crescimento foi mais limitado nos vasos, onde o número de folhas (em comparação com o campo) diminuiu proporcionalmente mais do que diminuiu com a altura. Realmente poderá esta planta ter um crescimento relativamente limitado em altura, não crescendo muito acima dos 60 cm (Rodrigues e Gonzaga, 2001), apesar de continuarem a crescer novos caules e novas folhas, o que justificaria que o número de folhas no campo estivesse melhor correlacionado com o número de caules do que com a altura. No ensaio de vasos, verificou-se o contrário porque havia menor disponibilidade de nutrientes do próprio solo (em comparação com o campo), para cada planta e, portanto, maior limitação ao crescimento de novas folhas.

Se o crescimento das plantas fosse mais prolongado, e a cultura estivesse mais tempo no solo, previsivelmente ter-se-iam verificado maiores diferenças de peso entre as plantas cultivadas com doses crescentes dos fertilizantes orgânicos, que particularmente no caso do corretivo liberta os nutrientes gradualmente, na medida em que se realiza a mineralização da sua MO, e neste caso o coeficiente de correlação entre o número de folhas e o número de caules seria maior, como aconteceu no campo.

À semelhança do ensaio de vasos os teores de nutrientes nas plantas não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as doses crescentes de fertirrigação, tendo a acumulação dos teores de nutrientes dependido apenas da acumulação de matéria seca.

No campo, apesar de se verificar um aumento crescente aparente do peso fresco e do peso seco da hortelã-pimenta com as doses crescentes de fertilizante, em 15,6% e 18,3%, respetivamente para a dose menos e mais elevada de fertilizante, em comparação com o tratamento controlo que não recebeu fertilizante, esse aumento não foi significativo apesar de ser esperado, pela mesma razão indicada anteriormente para a altura, número de folhas e número de caules.

Os resultados obtidos do peso fresco e peso seco da hortelã-pimenta de ambas as experiências suscitam dúvidas numa perspetiva económica, nomeadamente quanto aos

fertilizantes utilizados, sobretudo para resolver os problemas da nutrição azotada, visto serem produtos caros e com reduzida eficiência de azoto aplicado, principalmente quando o período que ocorre entre a poda e a colheita for muito curto. Os adubos líquidos existentes no mercado para fertirrigação, apesar de poderem (de acordo com os respetivos fornecedores) favorecer o crescimento das plantas em determinadas condições (o que não aconteceu com o adubo orgânico ensaiado nas condições descritas para este ensaio), são produtos caros, que podem não compensar o rendimento que as culturas terão com a sua aplicação.

Com base no peso seco da hortelã-pimenta (visto que a maioria dos produtores vende as plantas secas) cultivada em campo com as doses aplicadas de 0 ml e 0,1 ml (dose recomendada pelo fornecedor), no preço do adubo líquido e no valor económico da produção, o acréscimo de produção da hortelã-pimenta que se obteve com a dose de fertirrigação 0,1 ml não se revelou compensatório a nível económico. A diferença do peso seco da hortelã-pimenta da dose 0 ml para a dose 0,1 ml traduziu-se num acréscimo de cerca 884€ por ha quando vendida a planta em seco. No entanto, para se obter esse acréscimo de produção o custo do adubo líquido aproxima-se dos 1021€, não se justificando desta forma a utilização deste adubo líquido.

Contudo, será necessário novos estudos que permitam avaliar outros adubos solúveis e em diferentes condições agronómicas e ambientais que possam ser rentáveis para o MPB. Mesmo assim, recomenda-se que os produtores de PAM procurem disponibilizar nutrientes para as culturas com base na fertilidade do solo e corretivos orgânicos que poderão contribuir para elevar o teor de MO do solo, e que procurem criar os próprios produtos para fertirrigação, através de resíduos da própria exploração, como o exemplo de chorumes de urtiga, indo de encontro aos princípios da AB e numa perspectiva de realizar a fertilização das culturas de forma menos dispendiosa, e menos dependente dos recursos externos à exploração agrícola.

5. CONCLUSÕES

As conclusões deste trabalho são:

- 1- Comprovou-se que o efeito do solo é determinante para explicar diferenças de produção na hortelã-pimenta. Solos com teores superiores em MO permitem melhorar as produções da hortelã-pimenta, manifestando-se diferenças significativas de produção. Deste modo é possível concluir que, deve ter-se um solo o mais rico possível na fase de instalação da cultura, reforçando a filosofia do MPB que aposta no enriquecimento do solo em MO. Recomenda-se o enterro de estrumes de modo a aumentar o teor de MO do solo uma vez que a cultura de hortelã-pimenta está no solo entre 3 a 4 anos e na maioria das vezes com tela de cobertura de solo, sendo apenas possível a incorporação de nutrientes por via de fertirrigação, acabando por se tornar muito dispendiosa. Recomenda-se ainda para esta cultura solos com um limiar mínimo de aproximadamente 3% de MO.
- 2- Para ambos os ensaios experimentais (de vasos e de campo) verificou-se que o corretivo orgânico e o adubo líquido apesar de, aparentemente, contribuírem para aumentar a produção, os mesmos não chegaram a manifestar diferenças significativas nesta experiência. Provavelmente essas diferenças se manifestariam significativas caso o crescimento das plantas fosse mais prolongado, e a cultura estivesse mais tempo no solo, e consequentemente, uma colheita mais tardia, pelo que se recomenda que aquando da aplicação da fertirrigação, o período entre a aplicação e a colheita seja alargado.
- 3- Perante a análise do peso seco da hortelã-pimenta, concluiu-se que não é viável a nível económico a utilização de determinados produtos existentes no mercado para fertirrigação na produção desta cultura, uma vez que os aumentos de produção conseguidos não conseguem suportar o custo do produto aplicado. Sugere-se deste modo que os produtores de PAM procurem alternativas economicamente mais viáveis, nomeadamente a criação dos seus próprios produtos utilizando os recursos existentes na exploração.
- 4- São necessárias mais experiências para um maior conhecimento sobre a correção orgânica e a fertirrigação na hortelã-pimenta de forma a aproveitar melhor a sua eficiência na nutrição e produtividade das culturas no modo de produção biológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adly, A., 1982. The history of medicinal and aromatic plants: Proceedings of the second international congress. Hamdard Foundation Press, 13-31.
- Aflatuni, A., 2005. The yield and essential oil content of mint (*Mentha* spp.) in northern ostrobothnia. Dissertation Academic, University of Oulu, Oulu, 50 pp.
- Allen, R.G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56.
- Alvarez, A. F., 2006. Las Plantas aromáticas y medicinales, un potencial con gran necesidad de reorientación. Revista española de estudios agrosociales e pesqueros. N.º 209, 177-214.
- Alves, L., 2007. Hortelã que é pimenta!!! – Plantas aromáticas, medicinais e condimentares. URL: <http://cantinhodasaromaticas.blogspot.pt/2007/12/hortel-que-pimenta.html>. Consultado em abril 2015.
- Alves, L., 2010. Plantas aromáticas, medicinais e condimentares: Hortelã-pimenta no Biosfera. URL: <http://cantinhodasaromaticas.blogspot.com/>. Consultado em abril 2015.
- Alves, L., 2013. Sebenta do Workshop Produção de Ervas Aromáticas. Cantinho das Aromáticas, 63 pp.
- Alves, L., 2015. Selecção Agricultura – SIC Notícias. URL: <http://cantinhodasaromaticas.blogspot.com/>. Consultado em maio 2015.
- Andrea, J. d', Bredemeyer, M.B., 1982. Ancient Herbs. The J. Paul Getty Museum. 90 pp.
- Anon., 2010. A profile of the South African essential oils market value chain. Directorate Marketing of the Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Republic of South Africa, 111 pp.
- Ascensão, L., 2007. Estruturas secretoras e plantas: uma abordagem morfo-anatómica. In: Potencialidades e Aplicações das Plantas Aromáticas e Medicinais. Curso teórico-prático, 3ª Ed., FCUL, 19-28.
- Azeredo, N., 2014. Secador de plantas aromáticas. URL: <http://casadepenvalva.blogspot.pt/2014/04/secador-de-plantas-aromaticas.html>. Consultado em maio 2015.
- Bailey, K. L., Lazarovits, G., 2003. Soil and Tillage Research 72: 169-180.
- Bandoni, A. L., Czepak, M.P., 2008. Os recursos vegetais aromáticos no Brasil. Vitoria: Edufes, 624 pp.
- Banerji, R., Misra, G., Nigam, S.K., 1985. Role of indigenous plant material in pest control. Pesticides, 32-38.
- Barata, A., Lopes, V., 2014. Mercados e Organizações no Sector das PAM – Ficha temática nº9. In: Guia para a Produção de plantas aromáticas e medicinais em Portugal. EPAM. URL: <http://epam.pt/guia/>. Consultado em maio 2015.

- Baęer, K. H. C., 1995. Analysis and quality assessment of essential oils. In: Silva, K.T. (Ed.). A manual on the essential oil industry. Vienna, Austria. UNIDO, 155-177.
- Bastos, D.C., Pio, R., Filho, J.A.S., Libardi, M.N., Almeida, L.F.P., Entelmann, F.A., 2005. Enraizamento de estacas lenhosas e herbáceas de cultivares de caquiheiro com diferentes concentrações de ácido indolbutírico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27: 182-184.
- Behn, H., Albert, A., Marx, F., Noga, G., UlbrichL, A., 2010. Ultraviolet-B and photosynthetically active radiation interactively affect yield and pattern of monoterpenes in leaves of peppermint (*Mentha x piperita* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.58, 7361-7367.
- Benbi, D.K., Biswas, C. R., Bawa, S. S., Kumar, K., 1998. Influence of farmyard manure, inorganic fertilizers and weed control practices on some soil physical properties in a long-term experiment. *Soil Use and Management*, 14: 52-54.
- Borges, A.L., Silva, D.J., 2011. Fertilizantes para fertirrigação – Capitulo 7. In: Sousa, V.F., Marouelli, W.A, Coelho Filho, M.A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 253-264.
- Brito, L.M., 2007. Fertilidade do solo, compostagem e fertilização. In: Mourão, I Ed. - Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico. Projecto AGRO 747, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, 53-86.
- Briz de Felipe, T., 2005. Análisis y evaluación de la cadena alimentaria de productos ecológicos para el fomento del desarrollo sostenible en zonas productoras. Tese de Doutoramento. Escola Técnica Superior de Engenheiros Agrónomos, Universidade Politécnica de Madrid. 373 pp.
- Brown, B., Hart, J.M., Wescott, M.P., Christensen, N.W., 2003. The critical role of nutrient management in mint production. *Better crops*. 87(4): 9-11.
- Burbott, A. J., Loomis, W. D., 1967. Effects of light and temperature on the monoterpenes of peppermint. *Plant Physiology*, v. 42, n.1, 20-28.
- Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods--a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-53.
- Calbrix, R., Barray, S., Chabrierie, O., 2007. *Applied Soil Ecology* 35: 522-522.
- Carpenter-Boggs, L., Kennedy, A. C., Reganold, J. P., 2000. Organic and biodynamic management: Effects on soil biology. *Soil Science Society America Journal*, 64: 1651-1659.
- CE 2007. Regulamento (CE) N.º 834/2007 do Conselho, de 28 de Junho de 2007, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos.
- CE 2008. Regulamento (CE) N.º 889/2008 da Comissão, de 5 de Setembro de 2008, que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no que respeita à produção biológica, à rotulagem e ao controlo.

- Clark, R.J., Menary, R.C., 1980. Environmental Effects on Peppermint (*Mentha piperita* L.). Effect of Daylength, PhotonFlux Density, Night Temperature and Day Temperature on the Yield and Composition of Peppermint Oil. *Australian Journal of Plant Physiology* 7, 685–692.
- Clark, R.J., Read, C., 2000. Production of Peppermint Oil. A model of best practice for Tasmania and Victoria. RIRDC. 110 pp.
- Coelho, E. F., Or, D. e Sousa, V.F., 2011. Aspectos básicos em fertirrigação – Capítulo 6. In: Sousa, V.F., Marouelli, W.A, Coelho Filho, M.A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 233-252.
- Costa, A.G., Chagas, J.H., Pinto, J.E.B.P., Bertolucci, S.K.V., 2012. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivadas sob malhas. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.47, n.4, 534-540.
- Cordovil, C. M. S., 2004. Dinâmica do azoto na reciclagem de resíduos orgânicos aplicados ao solo. Instituto do Ambiente, Alfragide, 56 pp.
- Court, W.A., Roy, R. C., Pocs, R., More, A. F., White, P.H., 1993. Optimum nitrogen fertilizer rate for peppermint (*Mentha piperita* L.) in Ontario, Canada. *J. Essent. Oil Res.* 5: 663-666.
- Cunha, J., 2014. Workshop – Introdução à secagem de Plantas aromáticas e Medicinais. EPAM. Vila Real.
- Cunha, A. P., Roque, O.R., 2007. Plantas na terapêutica farmacologia e ensaios clínicos. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 710 pp.
- Cunha, A. P., Ribeiro, J. A., Roque, O. R, 2014. Plantas Aromáticas em Portugal. Caracterização e Utilizações. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 328 pp.
- Cunha, A. P., Roque, O.R., Gaspar, N., 2013. Cultura e Utilização das Plantas Medicinais e Aromáticas. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 472 pp.
- DAIS, 2009. Peppermint production. Directorate of Agricultural Information Services, South Africa. URL: www.nda.agric.za/docs/peppermint.pdf. Consultado em abril 2015.
- David, E.F.S., Boaro, C.S. F., 2009. Translocação orgânica, produtividade e rendimento de óleo essencial de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com variação dos níveis de N, P, K e Mg. *Rev. bras. plantas med.*, 11 (3): 236-246.
- David, E.F.S., Mischán, M. M., Boaro, C.S.F., 2007. Desenvolvimento e rendimento de óleo essencial de menta (*Mentha x piperita* L.) cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo. *Revista Biotemas*, 20 (2): 15-26.
- David, E.F.S., Mischán, M.M., Marques, M.O.M., Boaro, C.S.F., 2014. Physiological indexes macro and micronutrients in plant tissue and essential oil of *Mentha piperita* L. grown in nutrient solution with variation in N, P, K and Mg levels. *Rev. Bras. Pl. Med.*, Campinas, 16 (1): 97-106.
- Dixon, R.A., 2001. Natural products and plant disease resistance. *Nature*, 411, 843–847.

- EUROPAM, 1998. Guidelines for Good Agricultural Practice (GAP) of Medicinal and Aromatic Plants. *Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen* 3(3):166-174.
- FAO, 2015. Climate Information Tool. URL: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/climateinfotool/index.stm>. Consultado em março 2015.
- Ferreira, J., 2012a. As bases da agricultura biológica. Tomo I – Produção Vegetal. Edibio.
- Ferreira, J., 2012b. Guia de Factores de Produção para a Agricultura Biológica. 2012/2013. 4ª Edição. Edição Agro-Sanus. 48 pp.
- Ferreira, A., 2014. Secagem e Acondicionamento de PAM - Ficha temática nº6. In: Guia para a Produção de plantas aromáticas e medicinais em Portugal. EPAM. URL: <http://epam.pt/guia/>. Consultado em maio 2015.
- Ferretti, G.M., 1995. Cultura de Plantas Aromáticas e Medicinais. Coleção EuroAgro. Publicações Europa-América, 116pp.
- Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., Scheffer, J. J. C., 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 23(4): 213–226.
- Font Quer, P., 1973. Plantas Medicinales. Editorial Labor, S.A. Madrid, Espanha. 1033 pp.
- Franz, C.H., Ceylan, A., Mölzel, I., Vomel, A., 1984. Influence of the growing site on the quality of *Mentha piperita* L. oil. *Acta Horticulturae*, v. 144, p. 145-148.
- Garcia, E. C. e Solís, I.M., 2007. Manual de Fitoterapia. Elsevier Doyma Barcelona. 506 pp.
- Garcia-Nieto, L.P., 2000. Las plantas medicinales y aromáticas – Una alternativa de futuro para el desarrollo rural. *Boletín Económico de ICE*, n.º 2652, Madrid.
- Gasparin, P.P., 2012. Secagem da *Mentha piperita* em leito fixo, utilizando diferentes temperaturas e velocidades do ar. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual Oeste do Paraná-Unioeste. 66 pp.
- Godinho, M. C., 2014. Proteção das culturas de PAM - Ficha temática nº4. In: Guia para a Produção de plantas aromáticas e medicinais em Portugal. EPAM. URL: <http://epam.pt/guia/>. Consultado em maio 2015.
- Gontijo, T.C.A., Ramos, J.D., Mendonça, V., Pio, R., Neto, S.E.A., Corrêa, F.L.O., 2003. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de aceroleira utilizando ácido indolbutírico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25: 290-292.
- GPP, 2013. As Plantas Aromáticas, Medicinais e Condimentares, Portugal Continental 2012. Ministério da Agricultura e do Mar. Gabinete de Planeamento e Política. Outubro de 2013. 85 pp.
- Gruenwald, J., 2008. The Global Herbs & Botanicals Market URL: http://www.nutraceuticalsworld.com/issues/2008-07/view_features/the-global-herbs-amp-botanicals-market/. Consultado em maio 2015.
- Grunwald, J., Jänicke, C., 2009. A farmácia verde. 1ª Edição. Editora - Everest; 416 pp.

- Hart, J.M., Sullivan, D.M., Mellbye, M.E., Hilting, A.G., Christensen, N.W., Gingrich, G.A., 2010. Peppermint (Western Oregon). EM9018-E Oregon State University Extension Service. Crop and Soil News/Notes. 11(5): 7-9.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davis Jr, F.T., Geneve. R.L., 2002. Plant Propagation: principles and practices. 7th ed. Prentice-Hall, New Jersey, USA, 880 pp.
- ISO 9235/1997, 1997. Aromatic Natural Raw Materials – Vocabulary.
- Jeliazkova, E.A., Zheljazkov, V.D., Cracker, L.E., Yankov, B., Georgieva, T., 1999. NPK fertilizer and yields of peppermint, *Mentha x piperita*. Acta Hort. 502:231-236.
- Karhu, K., Gärdenäs A. I., Heikkinen, J., 2012. Geoderma 189-190: 606-616.
- Liberato, M.C., 2011. Contribuição para o conhecimento de Garcia de Orta. Revista de Ciências Agrária, 110-119.
- Lubbe, A., Verpoorte, R., 2011. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. Industrial Crops and Products 34, 785-801.
- MADRP, 1997. Código das Boas Práticas Agrícolas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- Mamman, E., Ohu, J. O., Crowther, T., 2007. Effects of soil compaction and organic matter on the early growth of maize (*Zea mays*) in a vertisol. International Agrophysics, 21: 367-375.
- Mathé, A., Franz, C., 1999. Good agricultural practices and the quality of phytomedicines. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, v.6, 101- 113.
- Mckay, D. L., Blumberg, J.B., 2006. A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.). Phytotherapy Research, v.20, 619-633.
- Medeiros, J.F., Sousa, V.F., Maia, C.E., Coelho, E. F., Marouelli, W.A., 2011. Determinação e preparo de fertilizantes para fertirrigação – Capítulo 8. In: Sousa, V.F., Marouelli, W.A, Coelho Filho, M.A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 265-288.
- Mitchell, A. R., 1997. Irrigating Peppermint. EM 8662. Oregon State University Extension Service, Corvallis.
- Mitchell, A.R., 1998. Peppermint and Speramint (East of Cascades). FG 69 Oregon State University Extension Service.
- Mitchell, A. R., Farris, N.A., 1996. Peppermint response to nitrogen fertilizer in an arid climate . J.Plant Natur. 19: 955-967.
- Mitchell, A.R., Farris, N. A., Crowe, F.J., 1993. Irrigation and Nitrogen Fertility of Peppermint in Central Oregon, I. Yield and Oil Quality. Central Oregon Agricultural Research Center. Annual Report 930: 52-65.
- Morgado, J., 2013. Workshop – Instalação e produção de PAM. Formtivity. Santo Tirso.

- Morgado, J., 2015. Instalação das culturas de PAM Ficha temática nº3. In: Guia para a Produção de plantas aromáticas e medicinais em Portugal. EPAM. URL: <http://epam.pt/guia/>. Consultado em julho 2015.
- Morujo, N. F. C., 2010. Caracterização dos produtores de plantas aromáticas e medicinais em modo de produção biológico, em Portugal. Tese de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. 76 pp.
- Mourão, I., 2007. Tecnologias de Produção. In: Mourão, I.M. (ed). Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico. Projecto AGRO 747, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, 87-121.
- Mourão, I., 2012. Plantas Aromáticas e Medicinais com interesse para secagem, produzidas no Modo de Produção Biológico: erva-cidreira, hortelã-pimenta, manjerição grande, tomilho-limão e tomilho Bela-luz (parte II/II). Agrotec: revista técnico-científica agrícola N°4, Publindústria.
- Muller, J., Heindl, A., 2006. Drying of medicinal plants. In: Bogers, R.J., Cracker, L.E., Lange, D. (Eds.). Medicinal and Aromatic Plants. Netherland: Springer, 237- 252.
- Munöz, F., 1987. Plantas Medecinales y aromaticas. Estudio, Cultivo y Processado. Ediciones Mundi-prensa, Madrid, 365 pp.
- Munsi, P.S., 1992. Nitrogen and phosphorus nutrition response in Japanese mint cultivation. Acta Horticulture, 306: 436-443.
- Nabais, S.C.C., 2008. Estudo Químico da Bulnesia sarmientoi. Tese de mestrado em química industrial. Universidade da Beira Interior. 109 pp.
- Neto, F., Morgado, J. e Dias, S., (s/d). A cultura de PAM. Custos e benefícios. AGRO. DRAP Norte. 31pp.
- NHB, 2005. A model bankable project on mint. Agricultural Finance Corporation Ltd, Northern Regional Office. The National Horticulture Board, Ministry of Agriculture, India.
- NP 90:1987, 1987. Óleos essenciais - Definição.
- Oliveira, M.C., Neto, J.V., Pio, R., Oliveira, D.L., Ramos, J.D., 2010. Enraizamento de estacas de oliveira submetidas a aplicação de fertilizantes orgânicos e AIB. Cienc. Agrotec., 34 (2): 337-344.
- OMS, 1978. Basic document for the selection and characterization of medicinal plants (vegetable drugs).
- OMS, 2003. WHO Guidelines on Good Agricultural and Collection Practices for Medicinal Plants. Geneva.
- OMS, 2009. The use of herbal medicines in primary health care. Report of the Regional Meeting 10-12 March, Yangon, Myanmar. Regional Office for South-East Asia.
- Orta, G. de, 1895. Colóquio dos simples e drogas da Índia. Academia real das ciências de Lisboa, Lisboa.
- Palos, E.M., Gorgues, A. C., 2008. Distribución comercial de plantas aromáticas y medicinales en Cataluña. Investigaciones Agrarias: Producción e protección vegetal, Vol. 17 (1)

- Petrovska, B., 2012. Historical review of medicinal plants' usage. Phcog Rev [serial online]; 6:1-5. URL: <http://www.phcogrev.com/article.asp?issn=0973-7847;year=2012;volume=6;issue=11;spage=1;epage=5;aulast=Petrovska>. Consultado em junho 2015.
- Pollack, S., 1995. Peppermint and Spearmint: An Economic Assessment of the Feasibility of Providing Multiple-Peril Crop Insurance. Economic Research Service, USDA. Consolidated Farm Service Agency, Office of Risk Management. 47 pp.
- Ramos, I., Abreu, M.J., 2007. Tensiômetros – Quando regar e qual a quantidade. Ficha Técnica 2. DRAPN – Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte.
- Reis, M. S., Mariot, A., Steenbock, W., 2003. Diversidade e domesticação de plantas medicinais. In: Simões, C.M.O et al. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 5ª Ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 43-74.
- Ribeiro, E., 1995. Plantas Medicinais e Complementos Bioterápicos. Livros da vida, Editores Lda. 290 pp.
- Rodrigues, M. A., Pereira. A., Cabanas, J.E., Dias, L.G., Pires, J., Arrobas, M., 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy, 25: 328-335.
- Rodrigues, M. A., Sousa, M. J., Arrobas, M., 2013. Plantas aromáticas e medicinais: Alguns constrangimentos ao desenvolvimento do sector. Revista da APH nº 113 (2013). 26-29.
- Rodrigues, V. G. S., Gonzaga, D. S. de O. M., 2001. Hortelã-pimenta (*Mentha x piperita* L.). Porto Velho: Embrapa Rondônia. Série Plantas Medicinais, 9.
- Rosolem, C.A., Fernandes, E.M., Andreotti, M., Crusciol, C.A.C., 1999. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. Scielo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34 (5): 821-828.
- Sacadura, S.C.C., 1956. Árvore de Hipócrates ou Árvore da saúde: Plátano da Ilha de Cós, Grécia. Tipografia Sequeira, Porto. 18 pp.
- Santos, S., Costa C.A. E., Duarte, A.C., 2010. Chemosphere 78: 389-396.
- Sarti, S. J., Carvalho, J. C. T., 2004. Fitoterapia e fitoterápicos. In: Carvalho, J., C., T. Fitoterápicos anti-inflamatórios: aspectos químicos, farmacológicos e aplicações terapêuticas. Ribeirão Preto, SP: Tecmedd, 13-38.
- Sartor, R. B., 2009. Modelagem, Simulação e Otimização de uma Unidade Industrial de Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 75 pp.
- Shiralipour, A., McConnel, D. B., Smith, W. H., 1992. Physical and chemical properties of soil as affected by municipal solid waste compost application. Biomass Bioenergy 3, 195-211.
- Siani, A.C., Sampaio, A.L.F., Souza, M.C., Henriques, M.G.M. O., Ramos, M.F.S., 2000. Óleos Essenciais: Potencial anti-inflamatório. Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento, v.16, 38-43.

- Singh, V.P., Chatterjee, B. N., Singh, D.V., 1989. Response of mint species to nitrogen fertilization. *J. Agric. Sci.* 113: 267-271.
- Thangarajan, R., Bolan, N. S., Tian, G., 2013. *Science of the Total Environment* 465: 72-96.
- Under the Sun, Portuguese Aromatics.URL: <http://www.underthesun.pt/#!precos/c1xj7>.Consultado em maio 2015.
- Vieira, E.L., Santos, C.M.G., 2005. Estimulante vegetal no crescimento e desenvolvimento inicial do sistema radicular do algodoeiro em rizotrons. In: V Congresso brasileiro de algodão, Salvador, 29 agosto – 1 setembro. v.1, p 82.
- Vizzotto, M., Krolow, A. C. e Weber, G.E.B., 2010. Metabólitos Secundários Encontrados em Plantas e sua importância. Documento 316. Embrapa.
- Weller, S., Green, R., Janssen, C. e Whitford, F., 2000. Mint Production and Pest Management in Indiana. Purdue University Cooperative Extension Service, 13 pp. URL: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/PPP/PPP-103.pdf>.Consultado em maio 2015.
- WHO, 2002. WHO monographs on selected medicinal plants, Vol. 2. World Health Organization, Geneva, 357 pp.
- Wilson, P.J., Van Staden, J., 1990. Rhizocaline, rooting co-factors, and the concept of promoters and inhibitors of adventitious rooting – a review. *Annals of Botany*, 66: 479-490.